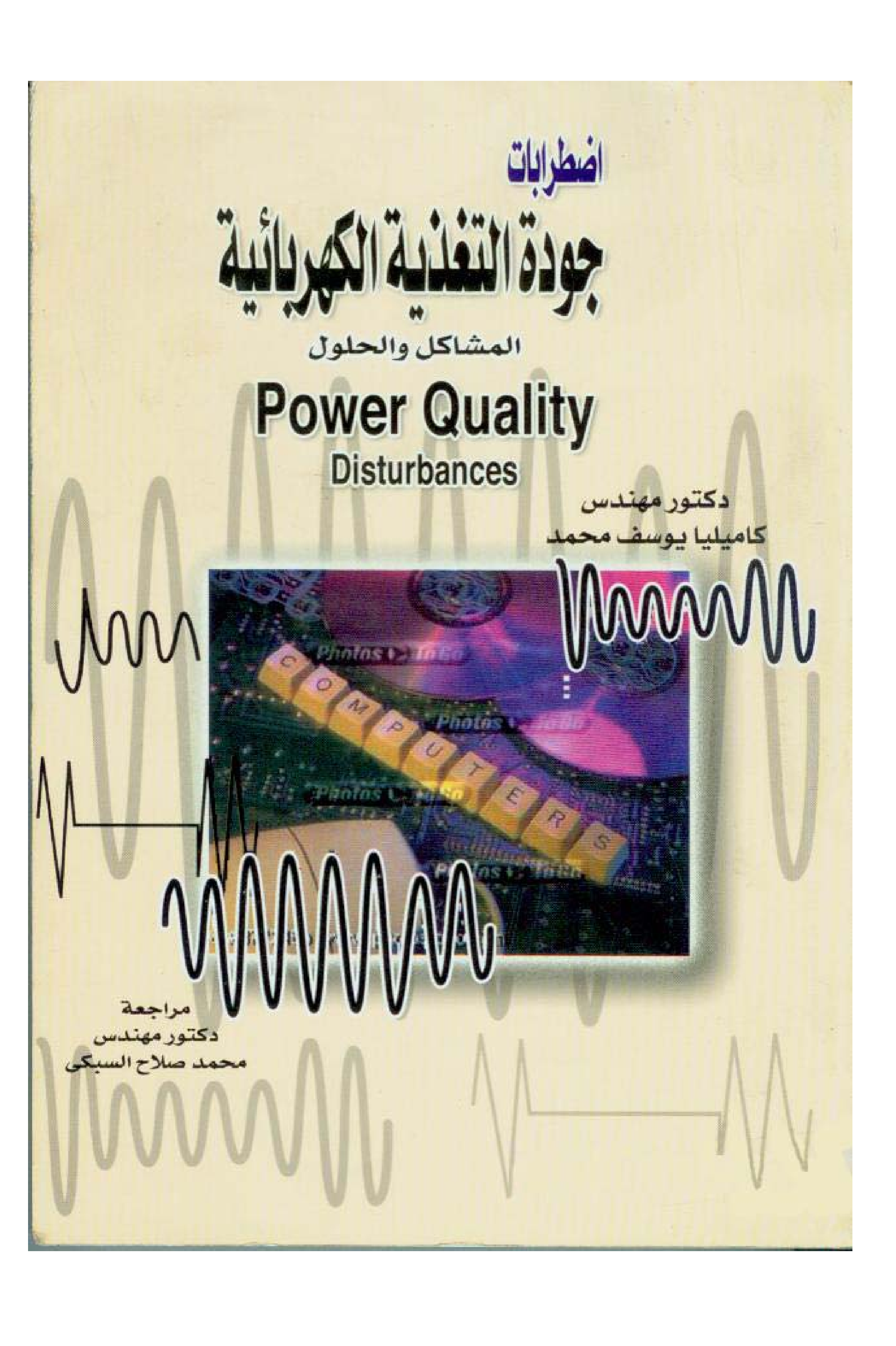


اضطرابات
جودة التغذية الكهربائية
المشاكل والحلول
Power Quality
Disturbances
دكتور مهندس
كاميليا يوسف محمد
COMPUTERS
مراجعة
دكتور مهندس
محمد صلاح السبكى

اضطرابات
جودة التغذية الكهربائية
المشاكل والحلول
Power Quality
Disturbances

دكتور مهندس
كاميليا يوسف محمد

مراجعة
دكتور مهندس
محمد صلاح السبكى

تصميم الغلاف

مهندس / أحمد طه هاشم

قال رسول الله ﷺ :

" من سلك طريقا يلتمس فيه علما

سهل الله له به طريقا إلى الجنة "

صدق رسول الله ﷺ



بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمـة

تغيرت طبيعة الأحمال بالمنشآت الصناعية والتجارية والسكنية نتيجة انتشار استخدام تكنولوجيا الذكاء الاصطناعى ونظم البرمجة التى تعتمد على الحاسبات الآلية والميكروبروسيسور. ولقد أصبحت أغلب الأجهزة والمعدات الكهربائية تتصف بأنها أحمال حساسة مما استلزم تغذيتها من مصدر تغذية كهربائية ذي جودة واستقرار واستمرارية ....

ومن هنا كان موضوع هذا الكتاب «اضطرابات جودة التغذية الكهربائية – المشاكل والحلول» ويدور الكتاب حول الموضوعات الآتية:

الأحمال الحساسة – التأريض وجودة التغذية – مديرات السرعة المتغيرة – أنواع الاضطرابات (الانحدار – الانتفاخ – الارتعاش – الجهود العابرة – الانقطاعات – عدم الاتزان – التوافقيات) – قوائم الفحص – علاج اضطرابات جودة التغذية الكهربائية..

وقد كانت توجهات السيد **الدكتور المهندس / حسن يونس وزير الكهرباء والطاقة** وحث سيادته الدائم على تحسين الخدمة الكهربائية والحفاظ على مستوى جودة واستمرارية التغذية الكهربائية وحل جميع مشكلات المشتركين، دافعاً ومشجعاً على القيام بهذا العمل ...

ولقد وافق السيد المهندس / إبراهيم عطية رئيس مجلس الإدارة والعضو المنتدب لشركة الإسكندرية لتوزيع الكهرباء على طباعة الكتاب على نفقة الشركة لضمان وصول المادة العلمية لأكبر عدد من المهندسين والفنيين والمهتمين بهذا المجال ... لذا أتوجه بالشكر لسيادته على تشجيعه المستمر للبحث العلمي.

وقد قام بمراجعة الكتاب الأستاذ الدكتور / محمد صلاح السبكى المدير التنفيذى لجهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك الذى أضفى قيمة مميزة للكتاب وساعد فى إخراج الكتاب فى الصورة التى ظهر بها.

وقامت دار الجامعيين للطباعة والنشر بجهد مشرف فى سبيل إخراج الكتاب على هذا النحو.

وأسأل الله سبحانه وتعالى أن يجعل فى هذا الكتاب الاستفادة لمن أراد الاستزادة.

وأصلى وأسلم وأبارك على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه تسليماً كثيراً....

الإسكندرية في

يونيه ٢٠٠٢

د. كاميليا يوسف

الباب الأول
جودة التغذية الكهربائية
Power Quality

أ - مقدمة:

أصبحت جودة التغذية ذات أهمية خاصة لكلا من مرفق الكهرباء والمستهلكين. بالنسبة للمستهلكين، يمكن أن يكون التأثير الاقتصادى لاضطرابات التغذية الكهربائية فى الحدود من عدة مئات من الدولارات (للاصلاح أو إحلال الأجهزة) إلى ملايين الدولارات (توقف الإنتاج، ضياع المنتج) بينما بالنسبة لمرفق الكهرباء ، تؤدى اضطرابات التغذية الكهربائية إلى استياء وعدم رضا المستهلكين ومفقودات الدخل.

ماذا تعني جودة التغذية الكهربائية؟:

* تجهيز مصدر الجهد لتغذية أحمال المستهلكين.
* إمداد المستهلكين بموجات جيبية نظيفة (عند ٥٠ أو ٦٠ هرتز) بدون انحدارات (sags) أو نبضات (spikes).
* تجهيز التغذية الكهربائية للسماح للمعدات الألكترونية الحساسة لدى المستهلكين للعمل بثقة (reliable).

لماذا تكون جودة التغذية الكهربائية هامة:

١ - مع إنتاج وانتشار استخدام الأجهزة الألكترونية الحساسة، أصبح المستهلكين أكثر إدراكاً ووعياً وحساسية للحالات العابرة (transients) واضطرابات التغذية الأخرى.

٢ - تجهيز مصدر التغذية اللازم لتشغيل مفاتيح الإضاءة وبدء تشغيل المحركات....

٣ - أيضاً، أدى إنتاج الأجهزة ذات الخصائص غير الخطية (non linear) إلى

توليد التوافقيات فى نظم التغذية الكهربائية والتى يمكن أن تؤثر فى كلا من معدات المستهلك ومعدات ومكونات مرافق الكهرباء.

٤ – زيادة المشاكل التى تواجه المستهلك النهائى للكهرباء.

٥ – المقدرة على مراقبة وتسجيل وتحليل مصدر التغذية لكل من المستهلكين والاستشارين ومسئولى الكهرباء لتحديد نوع المشكلة ومن المسئول عن إجراء التصليحات.

٦ – فيما سبق، كانت معدات المستهلكين ذات مناعة لتقلبات التغذية الكهربائية ذات المدى القصير وكانت لا تسبب مشاكل لشبكة التغذية.

٧ – مقدرة طرق علاج التغذية الكهربائية لعلاج أو للحد من المشاكل المصاحبة لمصدر التغذية.

٨ – تأثير ارتياح المستهلكين لخدمات الكهرباء.

ب - تكلفة جودة التغذية السيئة The Cost of poor power quality:

نستعرض فيما يلى ما ذكر عن تكلفة جودة التغذية السيئة:

١ – من تقرير Power Quality, A World wide problem

By Terry Chandler, Power Quality INC. USA

قدرت تكلفة اضطرابات مصادر التغذية فى الولايات المتحدة كالآتى:

* فى السبعينات قدرت بتكلفة ١٠ مليون دولار (نتيجة الانقطاعات).
* فى الثمانينات قدرت بتكلفة ١٠٠ مليون دولار.
* فى التسعينات قدرت بتكلفة ١ بليون دولار.

٢ – فى تقرير مجلة Business Week Magazine

وصلت تكلفة زمن التعطل أو التوقف [1] (Down time) نتيجة مشاكل جودة التغذية بالمنشآت الصناعية إلى ٢٦ بليون دولار أمريكى سنوياً.

٣ – فى تقرير مجلة Computer World Magazine

---

(١) زمن التعطل (مدة التوقف) : هى مدة تعطل الحاسب بسبب عطل فنى.

بلغت تكلفة زمن التعطل أو التوقف للحاسبات بالشركات العادية ٧٨١٩١ دولار / الساعة.

٤ – فى تقرير .Contingency Planning Research INC

تكون مشاكل جودة التغذية مسئولة عن حوالى ٥٠٪ من ضياع البيانات لتجهيزات الحاسبات بأمريكا.

٥ – من تقرير (PQ Technology (Volume 1, Issue 1, November 1999

بلغت التكلفة السنوية لجودة التغذية السيئة ١٢ مليون دولار فى أمريكا فقط.

٦ – فى تقرير

S. Swaminathan and R. K. Sen, Review of Power Quality Applications of Energy Storage Systems, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM 87185.

قدرت تكلفة جودة التغذية السيئة من ٢٥ بليون دولار إلى ٤٠٠ بليون دولار سنوياً ولقد تم تقدير القيمة ٢٥ بليون دولار على أساس فرض أن تكلفة الإنفاق لعلاج مشاكل جودة التغذية الكهربائية من ١,٥ إلى ٣ سنت لكل دولار مبيعات فى الصناعة الأمريكية. بينما قدرت القيمة ٤٠٠ بليون دولار على أساس أن العمالة توقفت عن العمل لمدة ٣٧,٣ مليون ساعة فى عام ١٩٩١ نتيجة مشاكل جودة التغذية الكهربائية التى تعرض لها المستهلكين بالقطاع التجارى.

٧ – فى مجلة PEI August 2001

كلفت الانقطاعات واضطرابات جودة التغذية اقتصاد أمريكا أكثر من ١١٩ بليون دولار طبقاً لإحصائية EPRI ولقد تعرضت شركات كاليفورنيا لأعلى تكلفة نتيجة الانقطاعات والاضطرابات.

٨ – خسائر الحاسبات الآلية فى الولايات المتحدة الأمريكية فى عام ١٩٩٣ صنفت كالآتى:

* السرقات	١٠١١ مليون دولار
* الجهود العابرة	٣١٨ مليون دولار
* الحوادث	٢٤٦ مليون دولار
* الصواعق	٨٦ مليون دولار
* أسباب متنوعة	١٥٧ مليون دولار

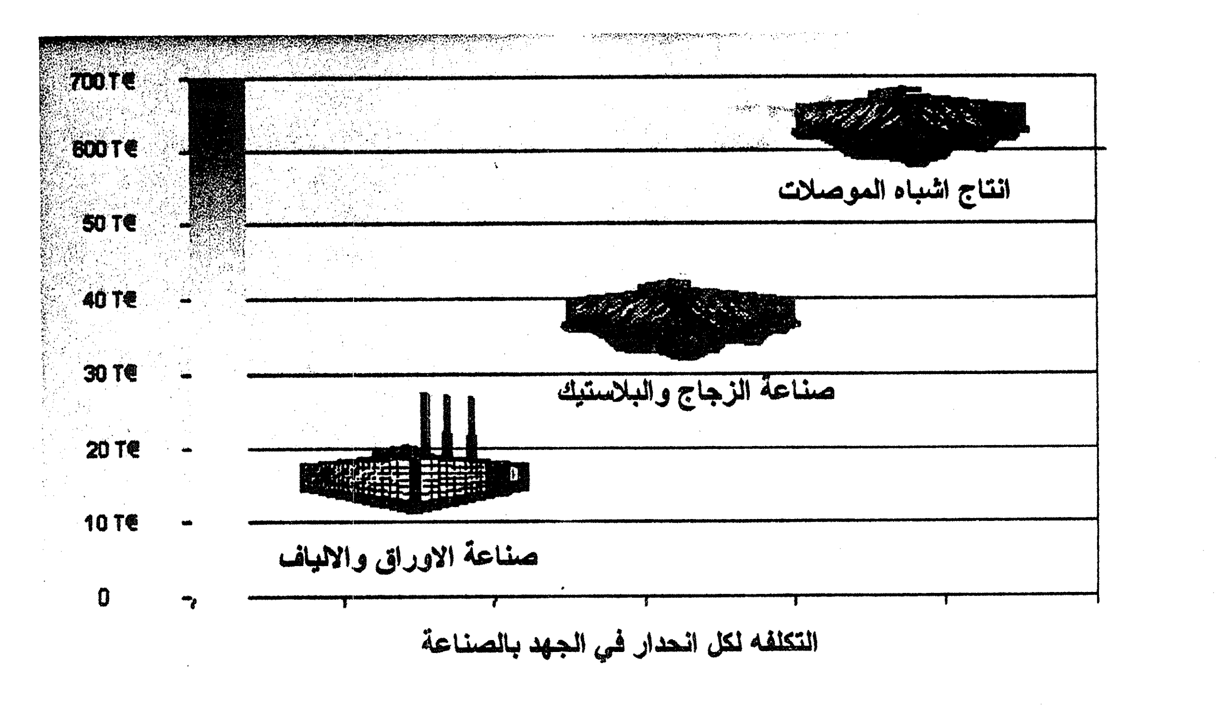
٩ - يوضح جدول (١ - ١) أمثلة لبعض خسائر اضطرابات جودة التغذية الكهربائية بقطاع الصناعة بأمريكا.

١٠- يوضح شكل (١ - ١) تكلفة انحدارات الجهد لبعض الصناعات طبقاً لتقرير شركة سيمنز - ألمانيا.

جدول (١ - ١) أمثلة لبعض خسائر اضطرابات جودة التغذية
الكهربائية بقطاع الصناعة بأمريكا

نوع النشاط	الآثـــــار	ملاحظـــات
شـــركـــة ســـيـــارات (Automative)	– تراوحت الخسائر بين ٥٠,٠٠٠ دولار إلى ٥٠٠,٠٠٠ دولار / حادثة اضطراب – التكلفة ١٠ مليون دولار / السنة	* الانقطاعات اللحظية أوقفت خط الإنتاج
صناعة أشباه الموصلات	– الخسائر أكثر من ٢٥٠,٠٠٠ دولار / حادثة اضطراب جودة التغذية * فى عام ١٩٩٦ تكلفت شركة معدات تكساس ٣١٢,٠٠٠ دولار بسبب اضطرابات جودة التغذية وصلت خسائرها السنوية إلى ١,٠٠٠,٠٠٠ دولار * فى عام ١٩٩٦ تكلفت شركة أنتل من ٥٠٠,٠٠٠ إلى ١,٠٠٠,٠٠٠ دولار بما فيها تكلفة الخسائر السنوية	
صناعة الكيماويات	– الخسائر من ٥٠,٠٠٠ إلى ٥٠٠,٠٠٠ دولار – فى سنة واحدة وفرت إحدى الشركات ٧٥ مليون دولار عندما عالجت مشاكل جودة التغذية	* تؤدى إلى مخاطر الحوادث * تؤدى إلى مخاطر التلوث
صناعة الكباسات الكبيرة	– الخسائر ١٠٠,٠٠٠ دولار / حادثة اضطراب جودة التغذية – الخسائر ١,٧٠٠,٠٠٠ دولار / السنة	
شبكة الحاسبات	– تكلفة خسائر فصل الشبكة من ٥٠٠٠ دولار – ٥٠,٠٠٠ دولار	
صناعة الورق	– الخسائر ٣٠,٠٠٠ دولار لكل انقطاع لمدة ٢ ثانية	* إنهيار البكرات * أنخفاض جودة المنتج

Source : Electrical Power Research Institute (EPRI).



شكل (١-١) تكلفة انحدارات الجهد ببعض الصناعات طبقا لتقرير شركة سيمنز المانيا

(Siemens AG 2000 , D – 90459 Numberg)

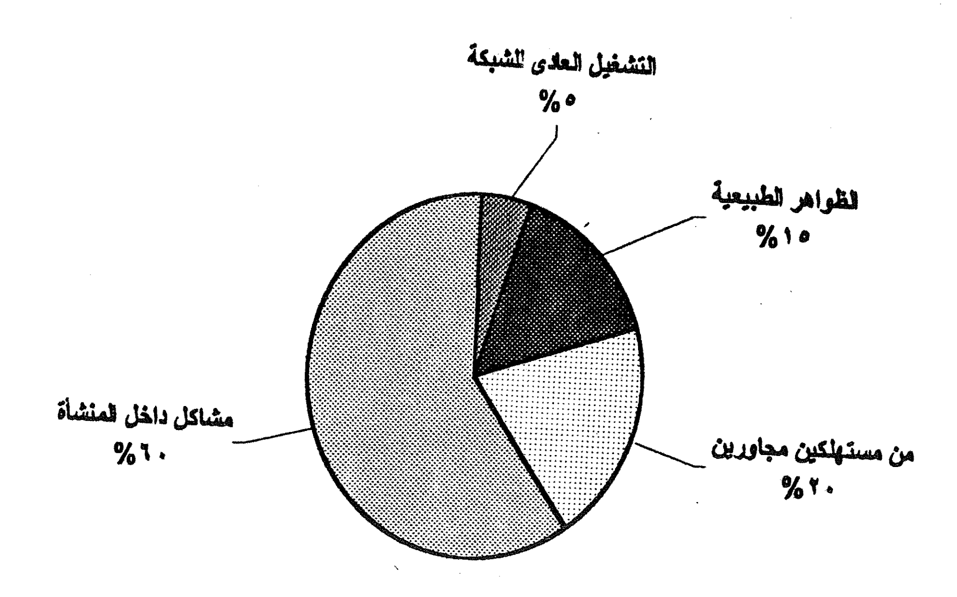
جـ - إحصائيات للعوامل المؤثرة علي جودة التغذية:

من دراسات مختلفة وجد أن :

١ - بتحليل بيانات مشاكل جودة التغذية على مدى ١٧ عام بالولايات المتحدة الأمريكية وجد أن :

* ٩٥ ٪ من مشاكل جودة التغذية حدثت من جانب المستهلك.
* ٨٠ ٪ من تكلفة الخسائر كانت بسبب ٥ ٪ من المشاكل الناتجة من جانب المصدر.
* أكثر اضطرابات جودة التغذية الناتجة من شبكة التغذية هى انحدارات الجهد.

٢ - يوضح شكل (١ - ٢) نسبة مشاركة العوامل المؤثرة على جودة التغذية:



شكل (١ - ٢) نسبة مشاركة العوامل المؤثرة علي جودة التغذية

٣ – مشاكل التغذية الكهربائية هى أكبر مسببات ضياع البيانات كما فى جدول (١ – ٢):

جدول (١ - ٢)

السبب	النسبة
– الجهود العابرة ومشاكل التغذية الكهربائية	٪٤٥,٣
– انهيارات بسبب العواصف	٪٩,٤
– حرائق – انفجارات	٪٨,٢
– أخطاء البرامج – الأجهزة	٪٨,٢
– إنهيار نتيجة الفيضانات	٪٦,٧
– انقطاعات الشبكة	٪٥,٤
– الزلازل	٪٥,٥
– أخطاء الأشخاص	٪٣,٢
– أخطاء بنظم التبريد والتكييف	٪٢,٣
– أخرى	٪٦,٧

ارتفاع تكلفة اضطرابات جودة التغذية:

ارتفعت تكاليف اضطرابات جودة التغذية ارتفاعاً طردياً نتيجة:

* التشغيل الآلى للعمليات والأنشطة المختلفة.

* تحويل ورادى العمليات من إنتاج «دفعة» إلى «الإنتاج المستمر».

* إحلال المتحكمات الالكترونية الدقيقة محل المتحكمات الكهرومغناطيسية.

* التوسع فى استخدام الحاسبات الآلية، حيث انتقلت الحاسبات الآلية من حجرة

الحاسبات إلى كل مكتب وصالة ومعمل و .... بالمنشآت الصناعية والتجارية والسكنية.

* تكاليف أنشطة التصنيع والتى أصبحت ٢٤ ساعة تشغيل بدون صيانة أو توقف.

هل تصبح المعدات الألكترونية أكثر حساسية؟

من الحقائق العالمية (من إحصائيات EPRI) أن :

- أكثر من ٢٠ بليون دولار تصرف سنوياً على إنتاج واستخدام أشباه موصلات القدرة (Power Semiconductors) ويوضح شكل (١ – ٣) بعض أنواع أشباه الموصلات.

- حالياً حوالى ٣٠٪ من القدرة الكهربائية تستهلك من خلال المرور من أشباه موصلات القدرة.

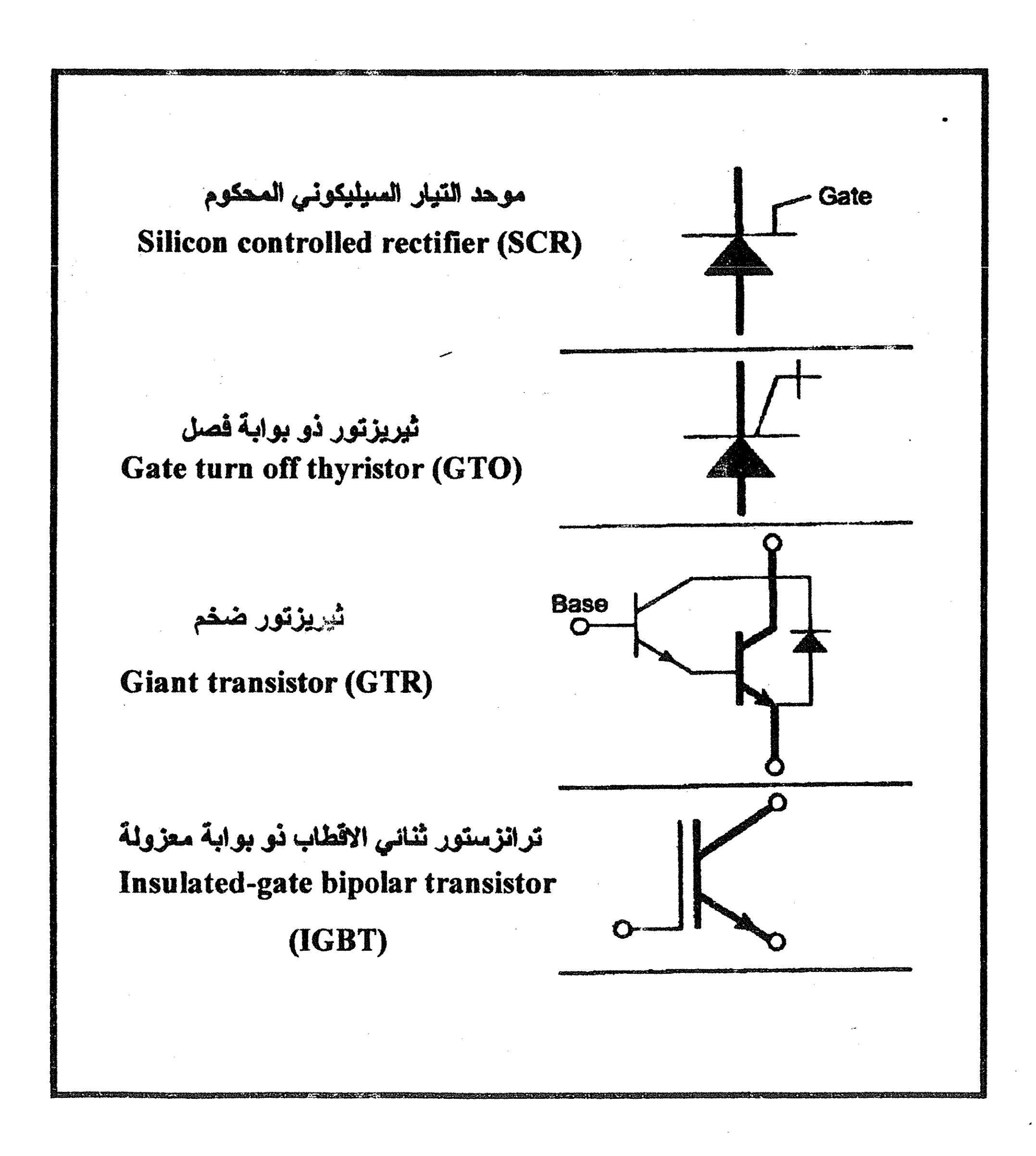
يوضح شكل (١ – ٤) أمثلة لدوائر من أشباه الموصلات تستخدم لمرور القدرة الكهربائية من خلالها.

- بحلول عام ٢٠١٠ سترتفع القدرة الكهربائية المستهلكة إلى ٧٠٪ والمارة من خلال أشباه الموصلات.

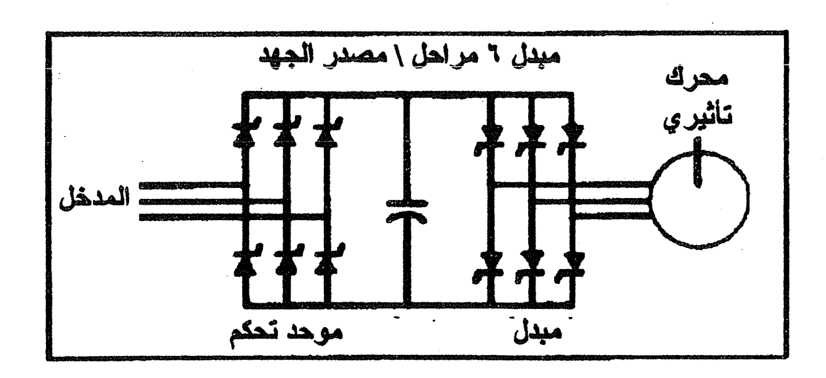
شكل (١ – ٥) يوضح العلاقة بين نسبة القدرة المارة خلال أشباه الموصلات ونسبة ما تسببه من تشوه الجهد ... وهذا المنحنى يوضح خطورة نسبة تشوه الجهد والتى تزيد كلما ارتفعت نسبة القدرة الكهربائية المارة خلال أشباه الموصلات.

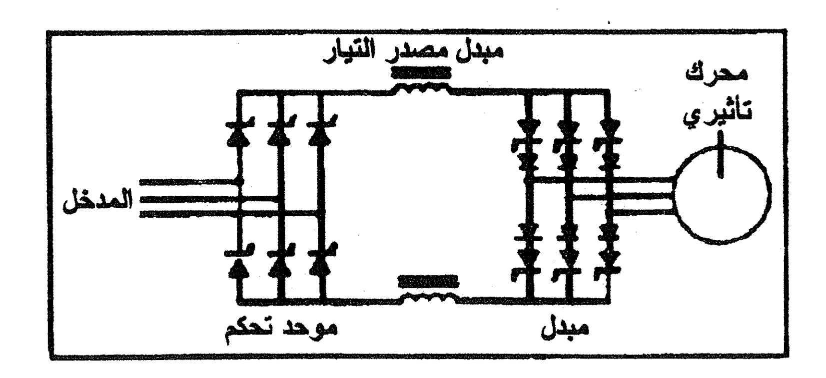
أحدث إنتاج الكترونيات القدرة ثورة صناعية كبرى بداية من تصنيع الترانزستور والثايرستور وحتى الوصول إلى الدوائر المتكاملة الرقمية والميكروبروسيسور.

يعتبر تطور تصنيع الشريحة (chip) (يوضح شكل (١ – ٦) مثال لشريحة) من العوامل المسببة والمتأثرة باضطرابات جودة التغذية الكهربائية. ومن المعروف أن الشريحة عبارة عن قطعة مسطحة من مادة السيليكون تحوى دائرة

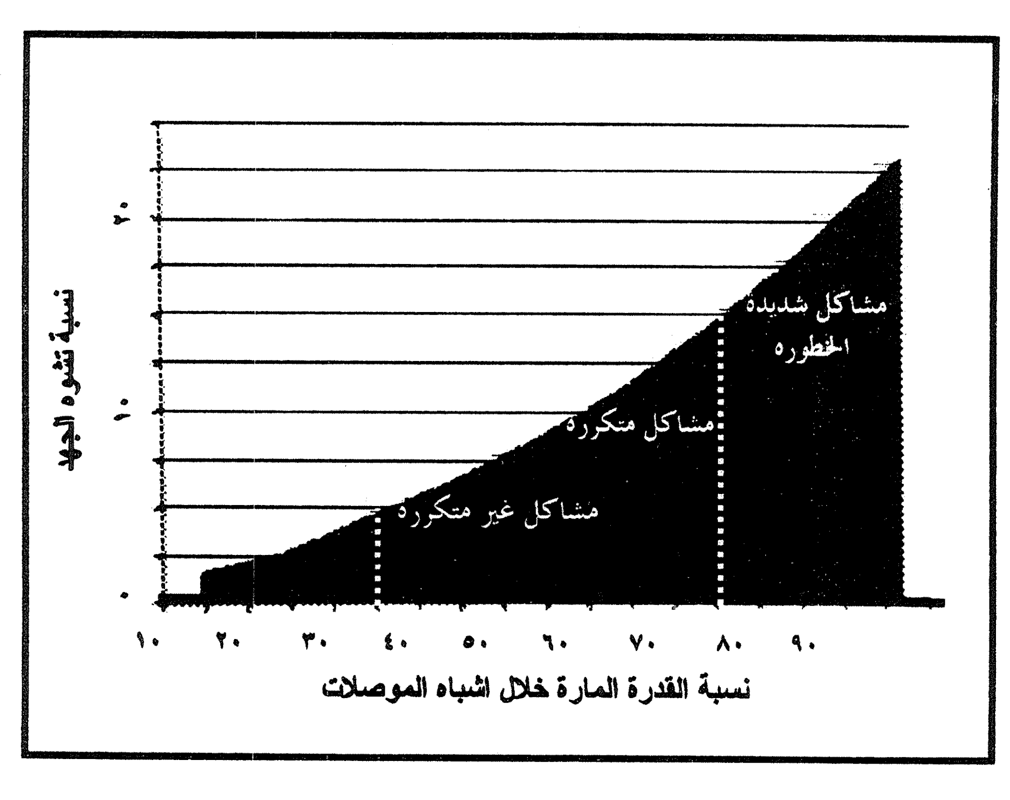


شكل (١-٣) بعض الانواع من اشباه الموصلات

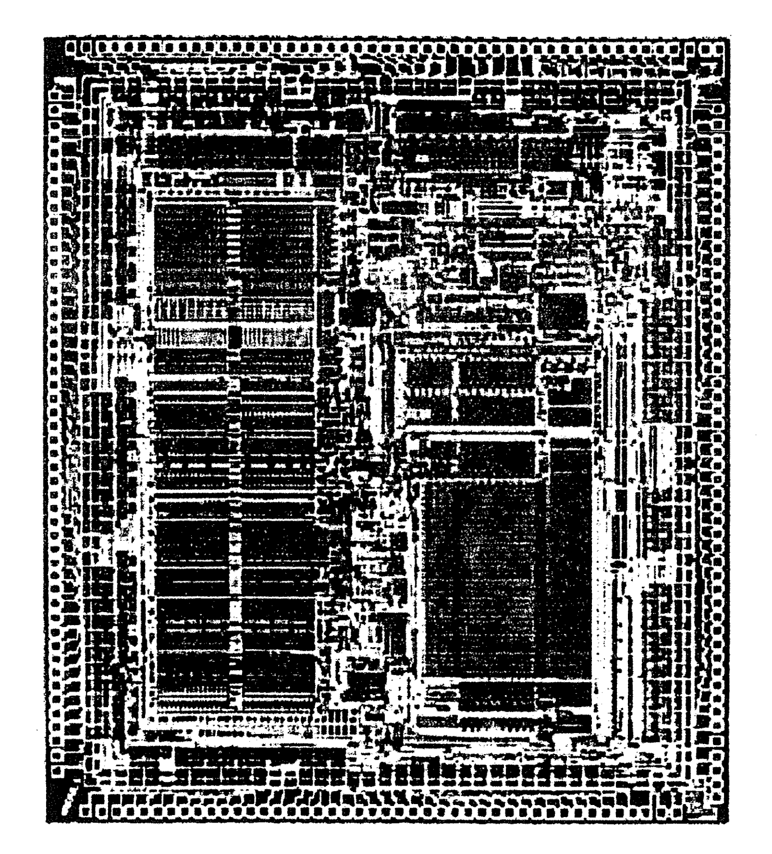




شكل (١-٤)امثلة لدوائر من اشباه الموصلات تستخدم لمرور القدرة الكهربائية من خلالها



شكل (١-٥) المؤشر العالمي للعلاقة بين نسبة القدرة المارة خلال أشباه الموصلات ونسبة تشوه الجهد



شكل (١-٦) مثال لشريحة

الكترونية متكاملة صغيرة من مادة شبه موصلة تستخدم فى صناعة العناصر الإلكترونية ... وببساطة فإن الشريحة تحتوى على عدد معين من الترانزستور... وكلما تقدمت صناعة الشريحة كلما صغر حجمها وكلما زاد عدد الترانزستورات بالشريحة.

يوضح جدول (١ – ٣) تطور عدد الترانزستورات لكل شريحة منذ عام ١٩٧٠ وحتى عام ٢٠٠٠، كذلك يوضح الجدول أنه كلما زاد عدد الترانزستور لكل شريحة كلما انخفضت الطاقة المسببة لانهيار أو تشوه مكون الشريحة.

مع انتشار الأجهزة الالكترونية والحاسبات وأجهزة التحكمات وأجهزة القياس والمراقبة تطورت صناعة الميكروبروسيسور (Microprocessor) (وهو عبارة عن معالج بيانات صغير الحجم، يتكون من وحدة معالجة مصممة باستعمال تقنية الدوائر المتكاملة (*) على شريحة صغيرة – معالج مركزى يحتوى على عشرات الآلاف من العناصر الإلكترونية ويبلغ حجم المعالج الصغير فى الميكروكمبيوتر حجم مجموعة ورق اللعب).

جدول (١ - ٣)

تطور تكنولوجيا شرائح الالكترونيات الصغيرة

العام	عدد الترانزستورات / الشريحة	طاقة إنهيار أو تشوه المكون
١٩٧٠	٢٠٠٠ ترانزستور / الشريحة	٠.٠٠١ جول
١٩٨٠	١٠,٠٠٠ ترانزستور / الشريحة	٠.٠٠٠١ جول
١٩٩٠	١,٠٠٠,٠٠٠ ترانزستور / الشريحة	٠.٠٠٠٠١ جول
٢٠٠٠	١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ترانزستور / الشريحة	٠.٠٠٠٠٠٠١ جول

(*) الدوائر المتكاملة (Integrated circuits) : هى مجموعة عناصر لدائرة كهربائية تشكل بطريقة كيماوية على قطعة من مادة شبه موصلة.

منذ سنوات قليلة لم يكن من المعتاد أن نجد ميكروبروسيسور له سرعة تشغيل أكبر من ١٠٠ ميجا دورة / ثانية، ولكن الآن أصبح من الشائع القول بأنه توجد أجهزة لتجميع البيانات مغذاه بواسطة ميكروبروسيسور له سرعة من ٢٠٠ إلى ٣٠٠ ميجا دورة / ثانية.

ومن وجهة نظر جودة التغذية الكهربائية فإنه كلما زادت سرعة الميكروبروسيسور كلما زادت الحساسية لاضطرابات جودة التغذية.

كلما صغر حجم الميكروبروسيسور وبالتالى حجم الدائرة المتكاملة كلما أصبحت الفراغات (Space) بين عناصر مكونات الدائرة الكهربائية قريبة جداً من بعضها. وبالتالى فإن الشريحة ذات ٠,١٨ ميكرون (جزء من ألف من المليمتر) فراغات بين المكونات الداخلية تكون أكثر حساسية للاضطرابات الكهربائية من الشريحة ذات ٠,٣ ميكرون فراغات.

من الخصائص الأخرى للميكروبروسيسور، الجهد المنخفض اللازم لتشغيل المكونات، منذ سنوات كان جهد التشغيل المستخدم (٥ فولت) تيار مستمر (DC)، بينما أصبح الآن (٣,٣ و ٢,٥ فولت) ... وسيصل إلى (٠,٩ فولت) تيار مستمر (DC).

وهنا يجب ملاحظة أن نسبة الجهود الزائدة التى كانت لا تسبب أى مشاكل لمكونات الدوائر الكهربائية أصبحت الآن نفس النسبة تسبب مشاكل واضطرابات وانهيارات للعناصر الكهربائية الجديدة والمصممة للتشغيل عند هذه الجهود المنخفضة.

يوضح جدول (١ – ٤) تطور قيمة جهد التيار المستمر (DC) المستخدم لتشغيل الدوائر الالكترونية بالشرائح نتيجة هذا التطور فى سرعة تشغيل الميكروبروسيسور وانخفاض الفراغات بين مكونات الدوائر الكهربائية بالشرائح

جدول (١ - ٤)

تطور قيمة جهد التيار المستمر d.c للدوائر الالكترونية

قبل ١٩٩٥	5 V d.c	الميكروبروسيسور والذاكرة (IC)
١٩٩٨	3.3 V d.c	الميكروبروسيسور والذاكرة (IC)
	2.5 V d.c	للدوائر المنطقية
	1.5 V d.c	للذاكرة
مستقبلاً	0.9 V d.c	

بالإضافة إلى انخفاض جهد التيار المستمر اللازم لتشغيل الميكروبروسيسور والذاكرة والدوائر المنطقية ... أصبحت مكونات أشباه الموصلات أكثر عرضة وتأثر باضطرابات جودة التغذية الكهربائية. فمثلاً يوضح جدول (١ – ٥) الطاقة المؤدية إلى إنهيار وتشوه ودمار مكونات الدوائر المتكاملة والميكروبروسيسور ... ويلاحظ فى هذا الجدول صغر قيمة هذه الطاقة فى حالة الدوائر المتكاملة الرقمية. كذلك يلاحظ فى جدول (١ – ٣) أنه كلما تطورت صناعة الشرائح الالكترونية الصغيرة كلما انخفضت قيمة الطاقة المؤدية إلى انهيار أو تشوه المكون.

جدول (١ - ٥)

طاقة انهيار أو تشوه الأجهزة المحتوية علي أشباه الموصلات

نوع المكون من أشباه الموصلات	الطاقة اللازمة لدمار أو انهيار المكون (Joules جول)
ثايرستورات القدرة وديودات القدرة Power thyristors & Power diodes	10^{-1} - 10^{-0}
ترانزستورات القدرة العالية High power transistors	10^{-2} - 10^{-1}
الزينرديود والموحدات Zeners and rectifiers	10^{-3} - 10^{-2}
ترانزستورات القدرة المتوسطة Medium power transistors	10^{-4} - 10^{-3}
ترانزستورات القدرة المنخفضة وديودات الإشارة Low power transistors & Signal diodes	10^{-5} - 10^{-4}
ترانزستورات السرعة العالية والدوائر المتكاملة High speed transistors & integrated circuits	10^{-6} - 10^{-5}
ترانزستورات وديودات التشويش المنخفض Low noise transistors & diodes	10^{-7} - 10^{-6}
الدوائر المتكاملة النظيرية Analog integrated circuits	10^{-8} - 10^{-6}
الدوائر المتكاملة الرقمية Digital integrated circuits	10^{-9} - 10^{-6}

يبين جدول (١ – ٦) ملخص لمقارنة بعض خصائص جيلين لإنتاج الميكروبروسيسور.

يوضح شكل (١ – ٧) المصادر النموذجية لاضطرابات الجهد.

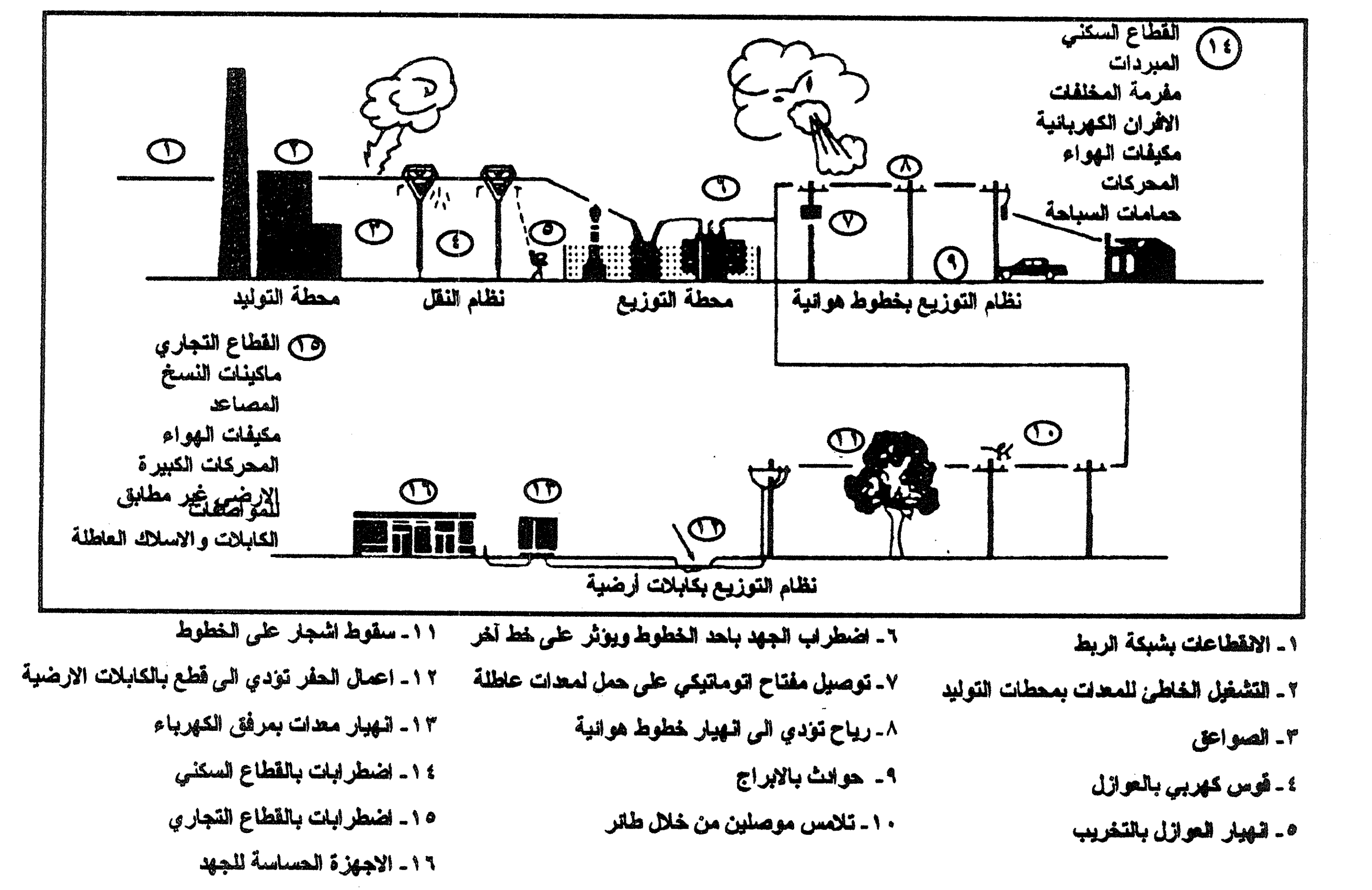
يوضح جدول (١ – ٧) تصنيف لمصادر اضطرابات جودة التغذية.

جدول (١-٦)

مقارنة بين خصائص جيلين من الميكروبروسيسور

الخصائص	منذ سنوات قليلة	حاليا
سرعة تجميع البيانات Data collection devices power by processors running at:	١٠٠ ميجا دورة/ ثانية	٢٠٠–٣٠٠ ميجا دورة/ ثانية
جهد تشغيل معدات التحكم Control devices running on a:	٥ فولت (D.C)	٣,٣ فولت (D.C)
الفراغات بين المكونات الداخلية للشريحة Space between internal components (chip)	٠,٣ ميكرون	٠,١٨ ميكرون

(الميكرون = جزء من ألف من المليمتر)



١ - الانقطاعات بشبكة الربط
٢ - التشغيل الخاطئ للمعدات بمحطات التوليد
٣ - الصواعق
٤ - قوس كهربي بالعوازل
٥ - انهيار العوازل بالتخريب
٦ - اضطراب الجهد باحد الخطوط ويؤثر على خط آخر
٧ - توصيل مفتاح اتوماتيكي على حمل لمعدات عاطلة
٨ - رياح تؤدي الى انهيار خطوط هوائية
٩ - حوادث بالابراج
١٠ - تلامس موصلين من خلال طائر
١١ - سقوط اشجار على الخطوط
١٢ - اعمال الحفر تؤدي الى قطع بالكابلات الارضية
١٣ - انهيار معدات بمرفق الكهرباء
١٤ - اضطرابات بالقطاع السكني
١٥ - اضطرابات بالقطاع التجاري
١٦ - الاجهزة الحساسة للجهد

شكل (١-٧)المصادر النموذجية لاضطرابات الجهد

جدول (١ - ٧)

مصادر اضطرابات جودة التغذية

الاضطرابات الناتجة من مصدر التغذية		الاضطرابات الناتجة من المشتركين	
مصدر الاضطراب	الوصف	مصدر الاضطراب	الوصف
المحولات	يولد تشغيل نقط التقسيم (Tap Changer) موجات عارمة	أخطاء فى التأريض	تعدد الرباطات بين الأرضى ونقطة التعادل
أجهزة الحماية	يسبب إعادة توصيل قاطعات التيار تردد القدرة Cycling. (مثل: المصهرات، قواطع التيار، مانعات الصواعق، الخامدات، العازلات، المفاتيح)	أخطاء فى التوصيلات وعدم اتباع كود الكهرباء	مثل : عكس القطبية
معدات التحسين	تولد مكثفات تحسين معامل القدرة نبضات وموجات عارمة (مثل: مكثفات تحسين معامل القدرة ومعدات تنظيم الجهد)	الأحمال غير الخطية	مثل : موحد النبضات ومفاتيح مصادر التغذية
		الشبكة ذو تصميم غير مناسب	مثل : نقط التعادل ذات مقاومة عالية
		تداخل من أجهزة أخرى أو أحمال	حدوث ارتعاش للإضاءة عند تشغيل تكييف الهواء المتصل على نفس الدائرة المغذية لمعدات الكترونية
		بعض المعدات تكون ذات حساسية عند تشغيل الشبكة الكهربائية	مثل أجهزة مغيرات السرعة (ASD) والمكثفات
		تشغيل جهاز إرسال راديو محمول بالقرب من معدات الكترونية	
		تفريغ الشحنة الكهروستاتيكية	

د - تعريفات جودة التغذية Power Quality:

ماذا تعنى جودة التغذية ؟

What is power quality ?

The term "power quality" means different things to different people.

يعنى تعبير جودة التغذية أشياء مختلفة للأشخاص المختلفين ، لذا فيما يلى سنعرض جميع التعبيرات التى قابلتنا أثناء إعداد الكتاب:

1. Power quality is simply the interaction of electrical power with electrical equipment.

جودة التغذية ببساطة هى التفاعل بين التغذية الكهربائية والمعدات الكهربائية.

---

2. Power quality is defined by the specific power requirements of the piece of equipment or system served.

تعرف جودة التغذية باحتياجات محددة لتغذية معدة أو خدمة نظام.

---

3. Power quality is electrical level which a customer's electrical system and equipment should be able to operate without malfunction or damage.

جودة التغذية هى مستوى الكهرباء الذى يكون له القدرة على تشغيل المعدات والنظام الكهربى للمستهلك بدون حدوث إنهيار أو أداء خاطئ.

---

4. Power quality is suitable to the operation of the equipment.

جودة التغذية هى التغذية المناسبة لتشغيل المعدات.

---

5. Power quality is the electricity able to operate your equipment safety and reliably.

جودة التغذية هى الكهرباء القادرة على تشغيل أجهزتك بأمان وموثوقية.

---

6. Power quality is any occurrence mainfested in voltage, current, or frequency deviations which results in failure or misoperation of end - use equipment.

تعنى جودة التغذية أى حدث يظهر فى الجهد أو التيار أو التردد والذى يؤدى إلى إنهيار أو تشغيل خاطئ لمعدات المستهلك.

---

7. Power quality is the relative frequency and severity of deviations in the incoming power supplied to electrical equipment from the customary, steady, 50 HZ, sinusoidal waveform of voltage or current. These deviations may affect the safe or reliable operation of equipment such as computers.

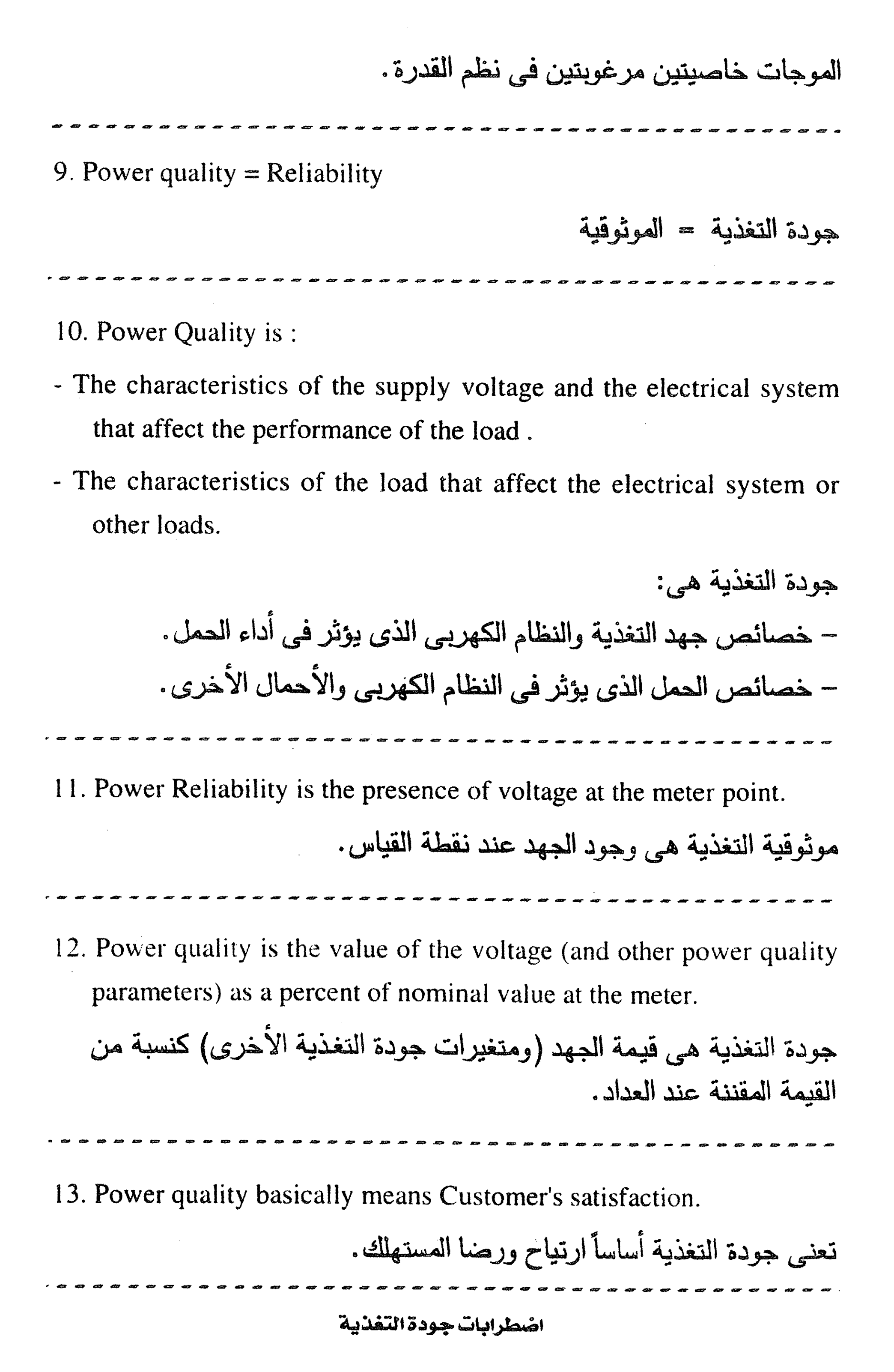
جودة التغذية هى التكرار النسبى والإنحرافات الشديدة فى مصدر تغذية الأجهزة الكهربائية من موجة تيار أو جهد جيبى وتردد ٥٠ هرتز ومستقر وعادى.

يمكن أن تؤثر هذه الإنحرافات فى أمن وموثوقية تشغيل المعدات مثل الحاسبات.

---

8. "Quality" can be defined many ways. Stable voltages and undistorted waveforms are two characteristics which are very desirable in power systems.

يمكن تعريف الجودة بطرق متعددة . يعتبر استقرار الجهد وعدم تشوه



الموجات خاصيتين مرغوبتين فى نظم القدرة.

---

9. Power quality = Reliability

جودة التغذية = الموثوقية

---

10. Power Quality is :

- The characteristics of the supply voltage and the electrical system that affect the performance of the load .
- The characteristics of the load that affect the electrical system or other loads.

جودة التغذية هى:

– خصائص جهد التغذية والنظام الكهربى الذى يؤثر فى أداء الحمل.

– خصائص الحمل الذى يؤثر فى النظام الكهربى والأحمال الأخرى.

---

11. Power Reliability is the presence of voltage at the meter point.

موثوقية التغذية هى وجود الجهد عند نقطة القياس.

---

12. Power quality is the value of the voltage (and other power quality parameters) as a percent of nominal value at the meter.

جودة التغذية هى قيمة الجهد (ومتغيرات جودة التغذية الأخرى) كنسبة من القيمة المقننة عند العداد.

---

13. Power quality basically means Customer's satisfaction.

تعنى جودة التغذية أساساً ارتياح ورضا المستهلك.

---

14. Power quality : The concept of powering and grounding sensitive electronic equipment in a manner that is suitable to the operation of that equipment.

جودة التغذية : هى مبدأ تغذية وتأريض الأجهزة الالكترونية الحساسة بطريقة مناسبة لتشغيلها.

---

15. Power quality is the availability of supply to a customer, the quality of power offered to a customer plus the provision of information to a customer.

جودة التغذية هى أتاحية مصدر التغذية للمستهلك، جودة التغذية المقدمة للمستهلك بالإضافة إلى تزويده بالمعلومات.

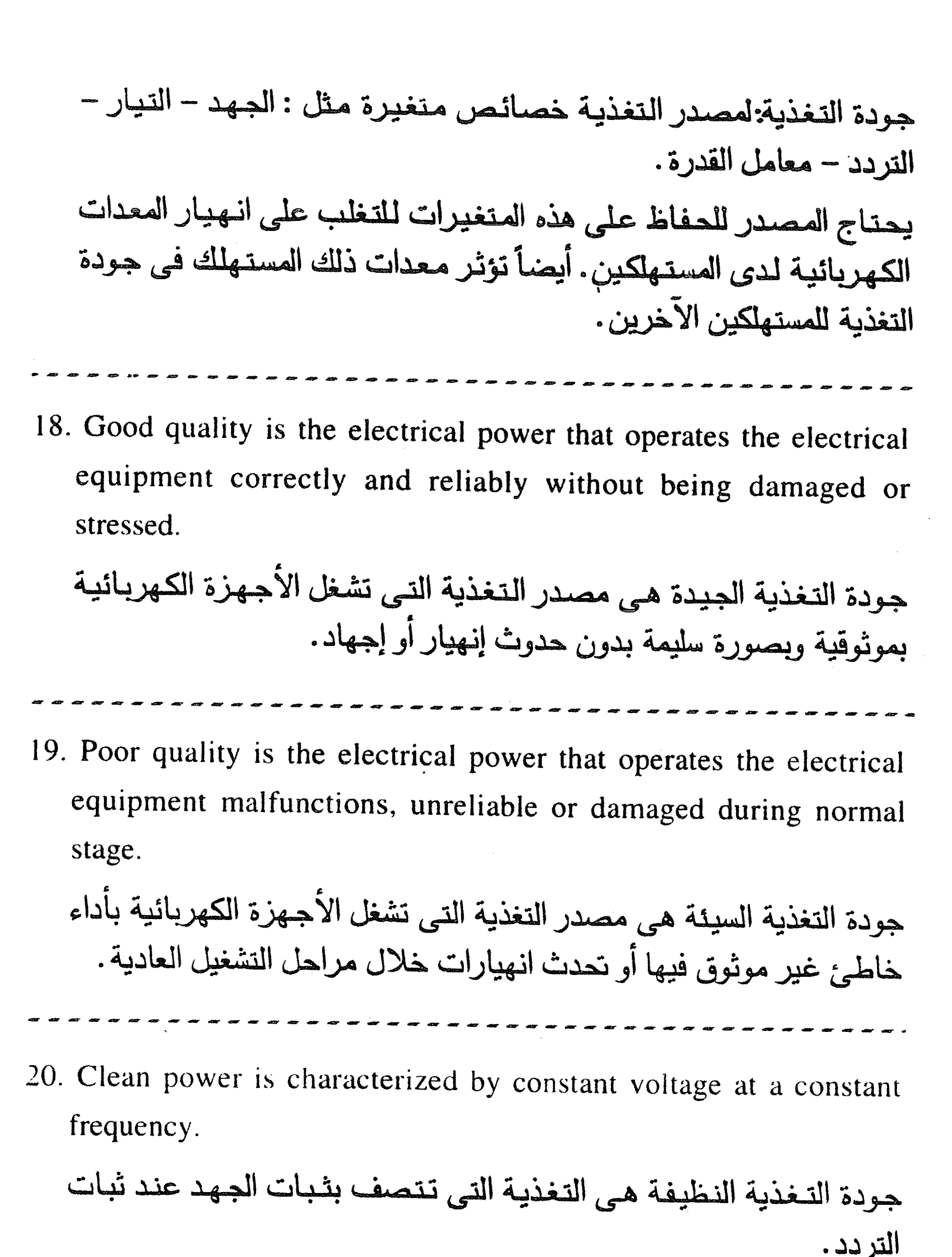
---

16. The power quality will be defined by establishing a group of indicators based on the measurements. The indicators will allow to qualify the disturbances as the customer ask more and more for a previous information about indicative parameters of power quality in alternative connection points.

تعرف جودة التغذية بمجموعة من المؤشرات موضوعة على أساس القياسات. تسمح المؤشرات بتحديد الاضطرابات عند استفسار المستهلك عن البيانات السابقة حول متغيرات جودة التغذية لنقط التوصيلات البديلة.

---

17. Power quality : A power supply has various attributes such as voltage, amperage, frequency and power factor. The supply needs to be maintained within set parameters to avoid damage to customer's electrical equipment. That customer equipment can also affect the quality of supply to other customers.



جودة التغذية:لمصدر التغذية خصائص متغيرة مثل : الجهد – التيار – التردد – معامل القدرة.

يحتاج المصدر للحفاظ على هذه المتغيرات للتغلب على انهيار المعدات الكهربائية لدى المستهلكين. أيضاً تؤثر معدات ذلك المستهلك فى جودة التغذية للمستهلكين الآخرين.

---

18. Good quality is the electrical power that operates the electrical equipment correctly and reliably without being damaged or stressed.

جودة التغذية الجيدة هى مصدر التغذية التى تشغل الأجهزة الكهربائية بموثوقية وبصورة سليمة بدون حدوث إنهيار أو إجهاد.

---

19. Poor quality is the electrical power that operates the electrical equipment malfunctions, unreliable or damaged during normal stage.

جودة التغذية السيئة هى مصدر التغذية التى تشغل الأجهزة الكهربائية بأداء خاطئ غير موثوق فيها أو تحدث انهيارات خلال مراحل التشغيل العادية.

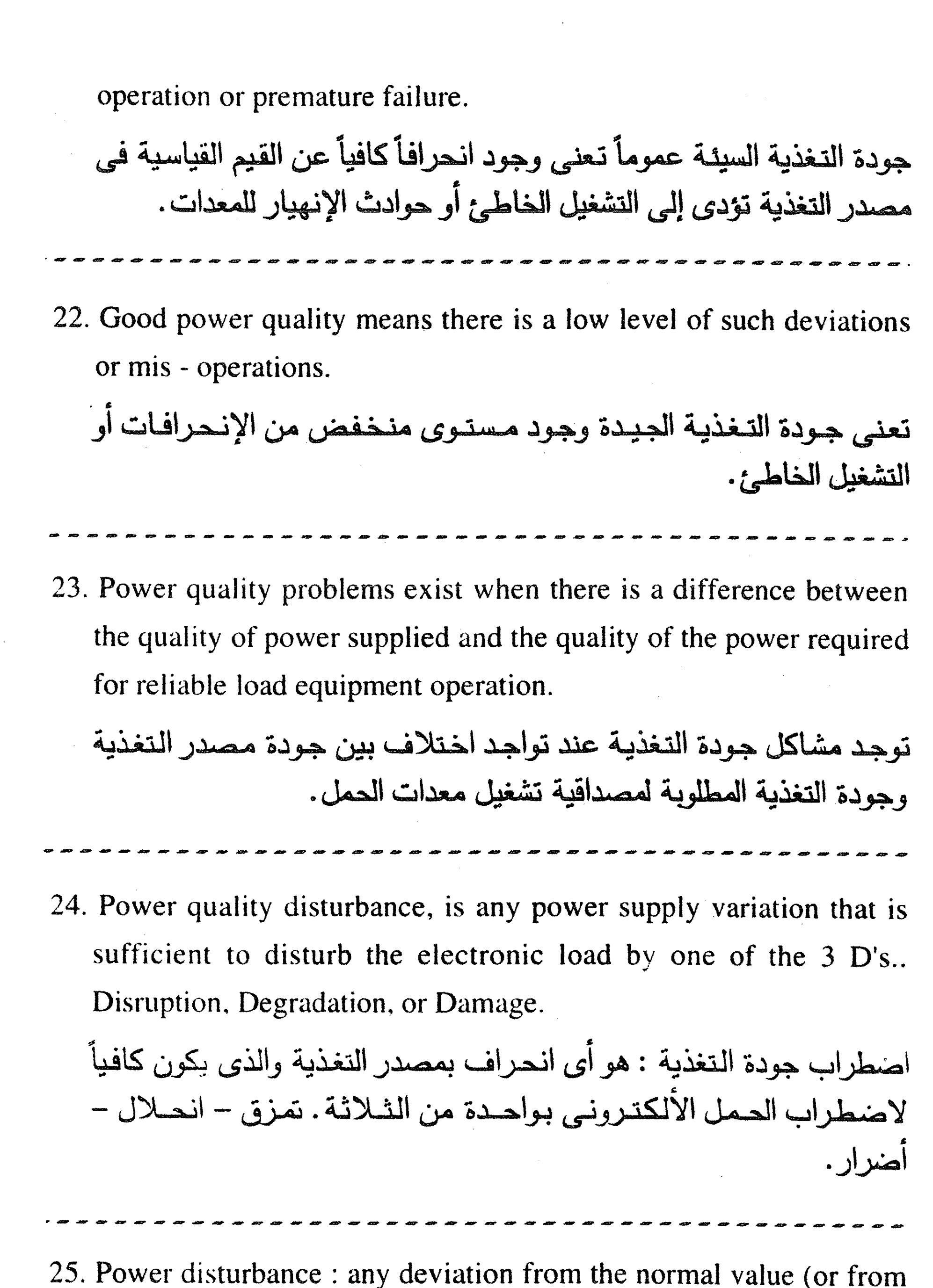
---

20. Clean power is characterized by constant voltage at a constant frequency.

جودة التغذية النظيفة هى التغذية التى تتصف بثبات الجهد عند ثبات التردد.

---

21. Poor power quality generally means there is sufficient deviation from norms in the power supply to cause equipment mis -



operation or premature failure.

جودة التغذية السيئة عموماً تعني وجود انحرافاً كافياً عن القيم القياسية فى مصدر التغذية تؤدى إلى التشغيل الخاطئ أو حوادث الإنهيار للمعدات.

---

22. Good power quality means there is a low level of such deviations or mis - operations.

تعنى جودة التغذية الجيدة وجود مستوى منخفض من الإنحرافات أو التشغيل الخاطئ.

---

23. Power quality problems exist when there is a difference between the quality of power supplied and the quality of the power required for reliable load equipment operation.

توجد مشاكل جودة التغذية عند تواجد اختلاف بين جودة مصدر التغذية وجودة التغذية المطلوبة لمصداقية تشغيل معدات الحمل.

---

24. Power quality disturbance, is any power supply variation that is sufficient to disturb the electronic load by one of the 3 D's.. Disruption, Degradation, or Damage.

اضطراب جودة التغذية : هو أى انحراف بمصدر التغذية والذى يكون كافياً لاضطراب الحمل الألكتروني بواحدة من الثلاثة. تمزق - انحلال - أضرار.

---

25. Power disturbance : any deviation from the normal value (or from some selected thresholds based on the load tolerance) of the input

AC power characteristics (IEEE 1100 - 1992).

اضطراب التغذية : هو أى انحراف عن القيمة الأساسية (أو عن بعض قيم بداية مختارة على أساس سماحية الحمل) لخصائص تغذية التيار المتردد للمدخل.

من أنواع اضطرابات جودة التغذية الكهربائية:

* الجهود العابرة.
* انحدارات وانتفخات الجهد.
* الانقطاع اللحظى.
* التشويش الكهربى.
* التشوه بالتوافقيات.

توضح الأشكال من (١ – ٨) إلى (١ – ١٢) تعريف هذه الاضطرابات.

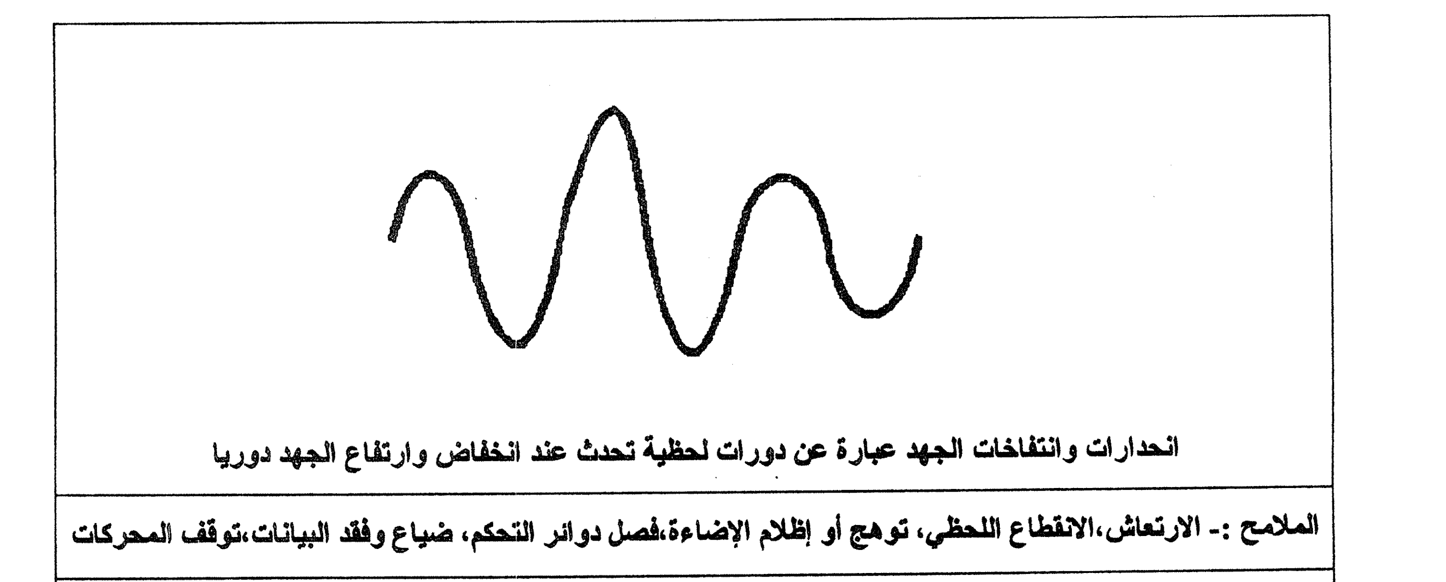
ويوضح شكل (١ – ١٣) أزمنة وقيم اضطرابات الجهد.

بينما يبين جدول (١ – ٨) أزمنة وقيم اضطرابات الجهد طبقاً للمواصفات القياسية العالمية IEEE 1100 - 1992.

وفى جدول (١ – ٩) عرضت بعض الأمثلة للأعطال وأسبابها والاضطرابات الحادثة.

الجهود العابرة عبارة عن موجات سريعة جدا تحتوي على جهود ابرية عالية او موجات متذبذبة خامدة
الملامح :- ظهور موجة ابرية ، انهيار المعدات الالكترونية
المصدر :- الصواعق ، تشغيل الاحمال
العلاج : - خامدات الجهود العابرة

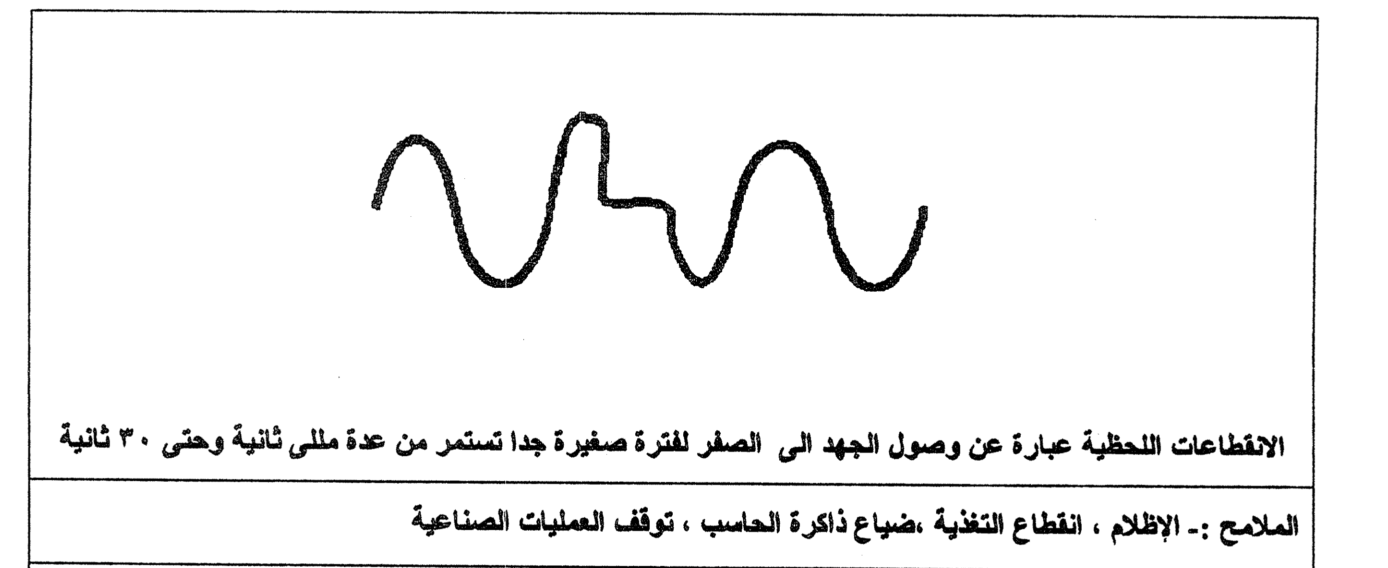
شكل (١-٨) الجهود العابرة Transient Voltages



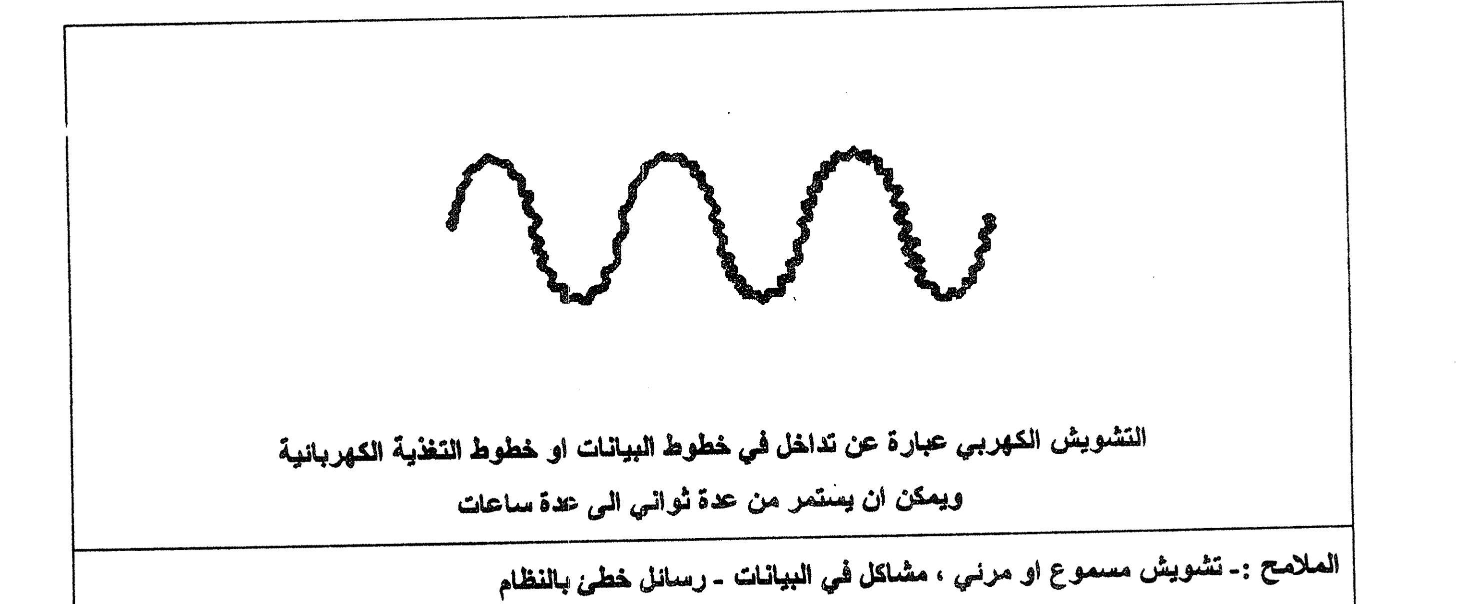
انحدارات وانتفاخات الجهد عبارة عن دورات لحظية تحدث عند انخفاض وارتفاع الجهد دوريا

الملامح :- الارتعاش،الانقطاع اللحظي، توهج أو إظلام الإضاءة،فصل دوائر التحكم، ضياع وفقد البيانات،توقف المحركات
المصدر :- بداية تشغيل الأحمال الكبيرة أو توقفها ، سحب تيارات عالية، استخدام موصلات ذات مقاسات اصغر
العلاج : - منظمات الجهد – معدات العزل – إعادة ودراسة مقاسات الموصلات

شكل (١-٩) انحدارات وانتفاخات الجهد Voltage Sags and Swells



شكل (١-١٠) الانقطاع اللحظي Momentary outage



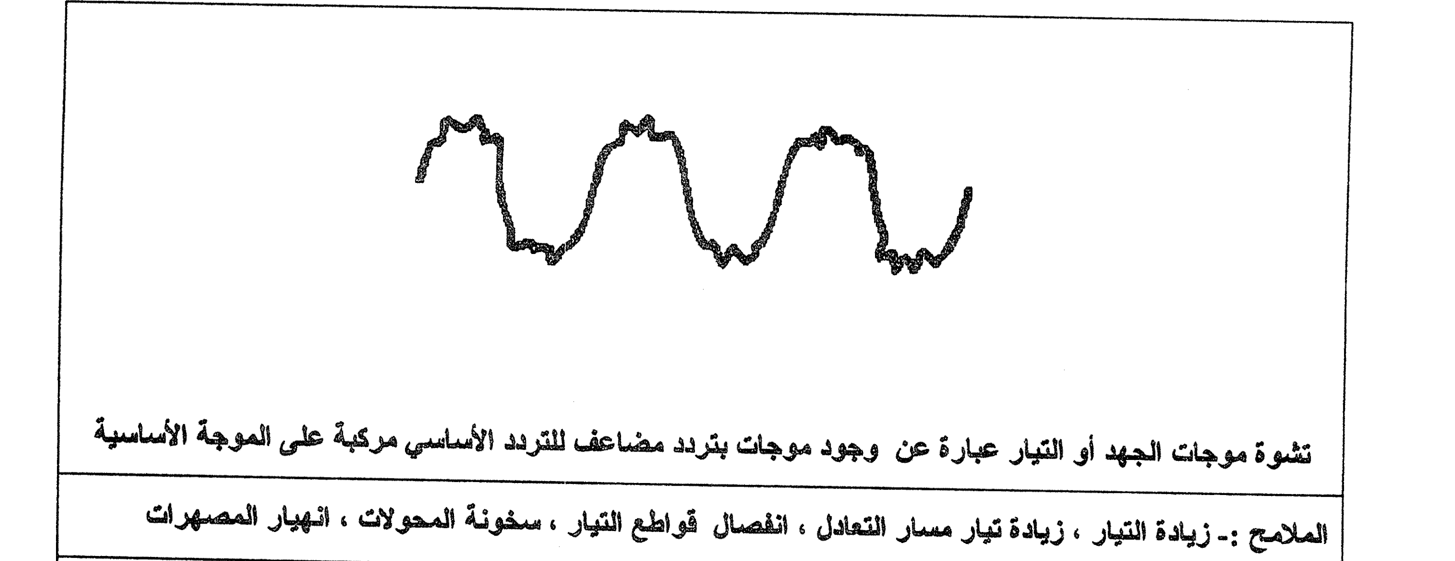
التشويش الكهربي عبارة عن تداخل في خطوط البيانات او خطوط التغذية الكهربانية
ويمكن ان يستمر من عدة ثواني الى عدة ساعات

الملامح :- تشويش مسموع او مرئي ، مشاكل في البيانات - رسائل خطئ بالنظام

المصدر :- أحمال القوس – المحركات ، التوصيلات الغير جيدة

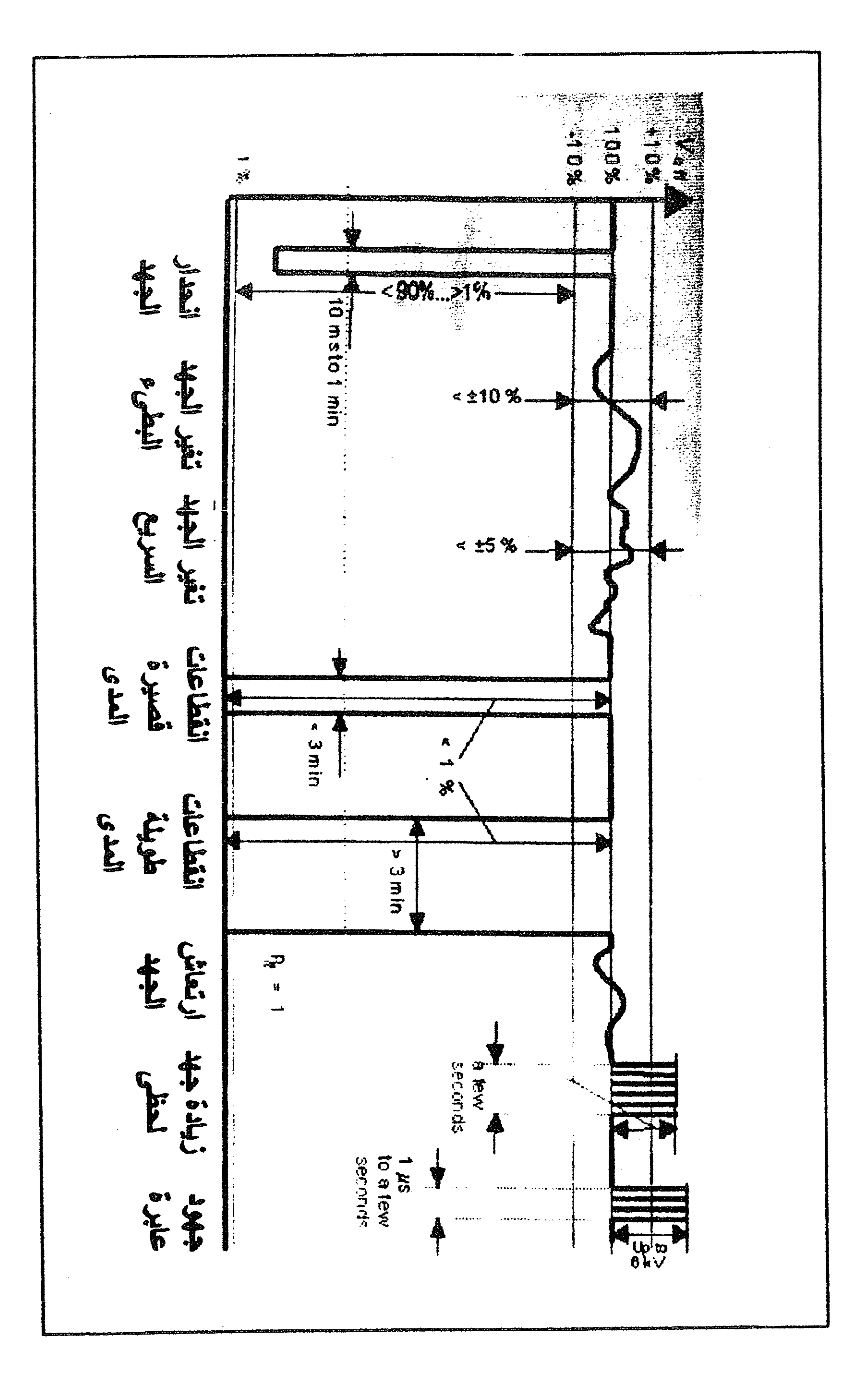
العلاج : - مرشحات التشويش ، معدات العزل ،التوصيلات الجيدة

شكل (١-١١) التشويش الكهربي Electrical Noise



تشوة موجات الجهد أو التيار عبارة عن وجود موجات بتردد مضاعف للتردد الأساسي مركبة على الموجة الأساسية
الملامح :- زيادة التيار ، زيادة تيار مسار التعادل ، انفصال قواطع التيار ، سخونة المحولات ، انهيار المصهرات
المصدر :- الأحمال غير الخطية
العلاج : - مرشحات التوافقيات

شكل (١-١٢) التشوه بالتوافقيات Harmonic distortion



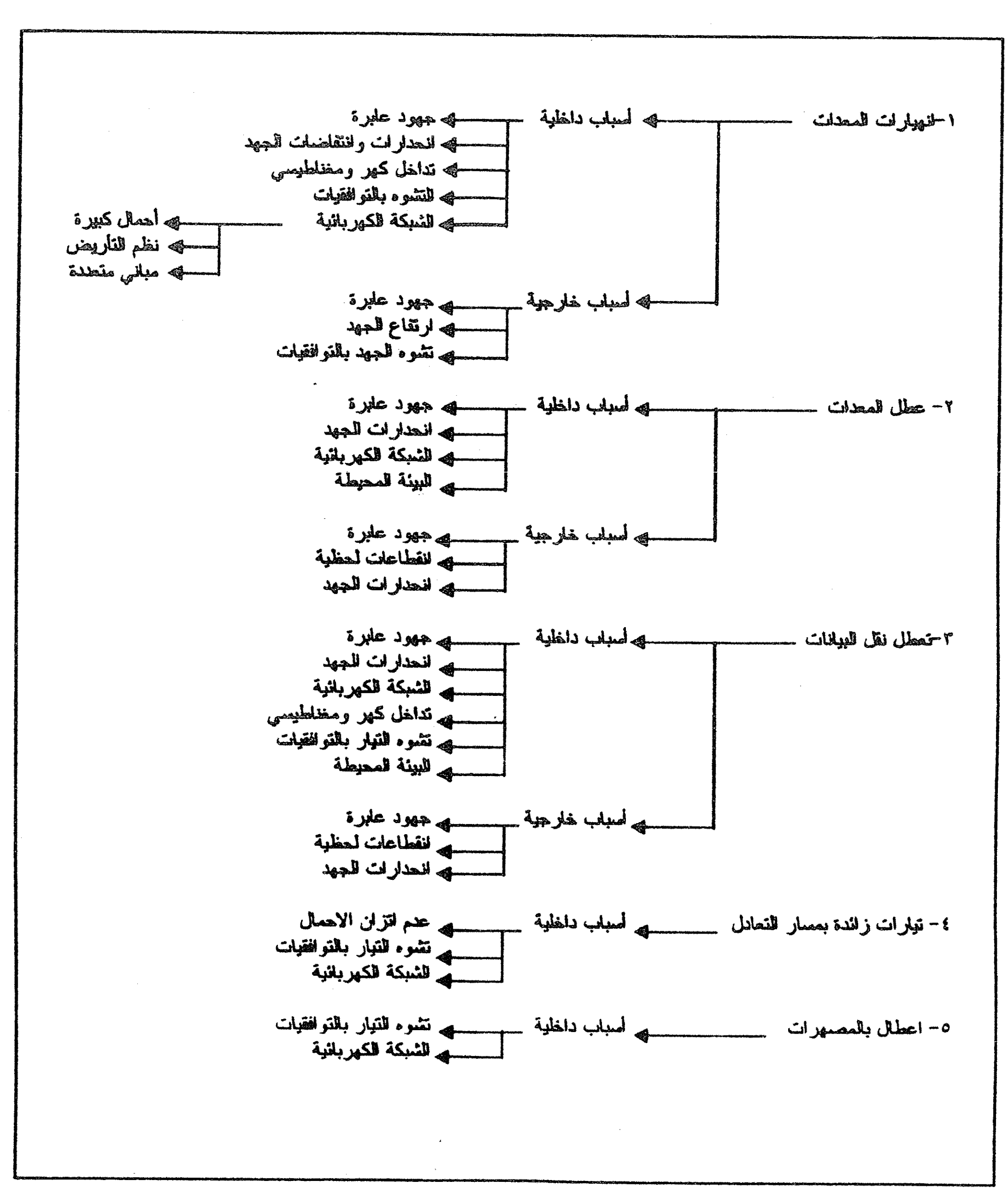
شكل (١-٣) أزمنة وقيم اضطرابات الجهد

Categories	Typical Spectral Content	Typical Duration	Typical Voltage Magnitude
1.0 Transients			
1.1 Impulsive			
1.1.1 Nanosecond	5 ns rise	< 50 ns	
1.1.2 Microsecond	1 s rise	50 ns -1 ms	
1.1.3 Millisecond	0.1 ms rise	> 1 ms	
1.2 Oscillatory			
1.2.1 Low Frequency	< 5 kHz	.3 - 50 ms	0 - 4 pu
1.2.2 Medium Frequency	5 - 500 kHz	20 s	0 - 8 pu
1.2.3 High Frequency	0.5 - 5 MHz	5 s	0 - 4 pu
2.0 Short Duration Variations			
2.1 Instantaneous			
2.1.1 Sag		0.5 - 30 cycles	0.1 - 0.9 pu
2.1.2 Swell		0.5 - 30 cycles	1.1 - 1.8 pu
2.2 Momentary			
2.2.1 Interruption		0.5 cycles - 3 s	< 0.1 pu
2.2.2 Sag		30 cycles - 3 s	0.1 - 0.9 pu
2.2.3 Swell		30 cycles - 3 s	1.1 - 1.4 pu
2.3 Temporary			
2.3.1 Interruption		3 s - 1 min	< 0.1 pu
2.3.2 Sag		3 s - 1 min	0.1 - 0.9 pu
2.3.3 Swell		3 s - 1 min	1.1 - 1.2 pu
3.0 Long Duration Variations			
3.1 Interruption, Sustained		> 1 minute	0.0 pu
3.2 Undervoltages		> 1 minute	0.8 - 0.9 pu
3.3 Overvoltages		> 1 minute	1.1 - 1.2 pu
4.0 Voltage Unbalance		steady state	0.5 - 2%
5.0 Waveform Distortion			
5.1 DC Offset		steady state	0 - 0.1%
5.2 Harmonics	0 - 100th H	steady state	0 - 20%
5.3 Inter-harmonics	0 - 6 kHz	steady state	0 - 2%
5.4 Notching		steady state	
5.5 Noise	broad-band	steady state	0 - 1%
6.0 Voltage Fluctuations	< 25 Hz	intermittent	0.1 - 7%
7.0 Power Frequency Variations		< 10 s	

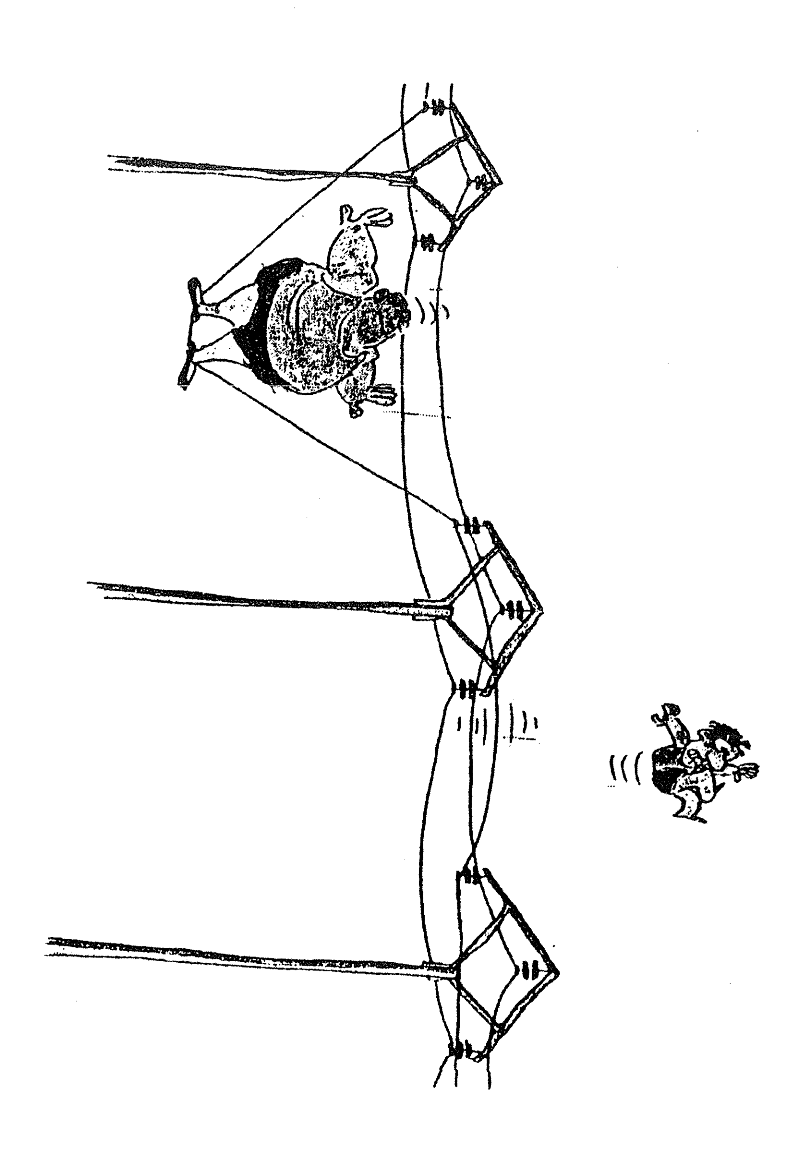
Abbreviations

ns	Nanosecond (10^{-9} seconds)	kHz	Kilohertz (10° cycles/second)
μs	Microsecond (10^{-6} seconds)	MHz	Megahertz (10ʃ cycles/second)
ms	Millisecond (10^{-3} seconds)	H	Harmonic number
pu	Per-unit (same as percent divided by 100)	s	Seconds

جدول (١-٨) ازمنة وقيم الاضطرابات طبقا للمواصفات القياسية العالمية
(IEEE 1100-1992)



جدول (١-٩) أمثلة لبعض أنواع الأعطال و أسبابها والاضطرابات الحادثة



الباب الثاني

الأحمال الحساسة

Sensitive Loads

أساسيات المعدات الحساسة:

تقسم المعدات بالقطاع الصناعى إلى التصنيفات الآتية:

١ – معدات الإضاءة، مثل لمبات التفريغ عالية الشدة (High Intensity Discharge HID) والفلورسنت واللمبات المتوهجة.

٢ – الحاسبات الآلية، ومعدات المكاتب المعتمدة فى تشغيلها على الحاسبات (مثل الفاكس وماكينات التصوير والنسخ والمودم [١] (Modem).

٣ – المحركات الخاصة بتكييفات الهواء، تسخين وتهوية (Heating, Ventilating and Air Conditioning HVAC)

٤ – المحركات الخاصة بعمليات التحكم وتشمل ما يتعلق بأجهزة الذكاء الاصطناعى (Robot).

٥ – متحكمات حالة الصلابة [٢] (Solid State Controllers) الخاصة بالمحركات.

٦ – نظم القدرة الكهربائية المستمرة (Uninterruptible Power Systems UPS) ومديرات السرعة القابلة للضبط (Ajustable Speed Drives ASD).

٧ – المعدات الصناعية الخاصة، مثل اللحامات بالقوس (arc welders)، أفران القوس (arc furnances) ، الضواغط الكبيرة (أكبر من ٣ ميجاوات).

---

(١) المودم (معدل / كاشف) : جهاز يسمح بنقل البيانات (إرسال / استقبال) بين الحاسب الآلى والأطراف الاعلامية خلال أسلاك اتصال تليفونية يعتمد على التعديل (التضمين) والكشف (الاستخلاص) كهربائياً.

(٢) حالة الصلابة : هى الأجزاء الألكترونية التى تتحكم فى انتقال الالكترونيات أو تنظيمها داخل الأجسام الصلبة كالترانزستورات والخلايا الممغنطة.

حالياً، أغلب المعدات الصناعية تستخدم التحكم الرقمى ذى الجهد الصغير والذى يصنف كجزء من متحكمات حالة الصلابة المستخدمة بالمحركات.

تعتبر معدات الإضاءة هى الأكثر تحمل للاجهادات الكهربائية من جميع المعدات السابقة. تتحمل اللمبات العادية (المتوهجة) الجهود الزائدة العابرة (transient over voltages) لبعض الوقت، تحتوى اللمبات الفلورسنت ولمبات التفريغ عالية الشدة على كابحات تيار مغناطيسية (ballast) ومكثفات كبيرة. لا تعمل اللمبات (HID) جيداً أثناء الانقطاعات، وذلك لأن تيار بداية تشغيل اللمبة وهى ساخنة يكون أكبر (عدة مرات) من التيار اللازم عندما تكون اللمبة باردة، وعليه يجب أن تترك اللمبة حتي تبرد لمدة حوالى عشرة دقائق بعد الفصل اللحظى والمستمر لدورتين. أيضاً تكون المحركات التقليدية والمتحكمات الخاصة بها ذات تحمل جيد، حيث إنها تتحمل الانقطاعات لمدة دورة أو دورتين.

أصبحت متحكمات حالة الصلابة تستخدم بتوسع وبأعداد متزايدة للتحكم فى أعداد كبيرة من المحركات. كذلك أصبحت هذه المتحكمات أكثر قرباً للمستخدمين ولمهندسى جودة التغذية الكهربائية.

تتزايد استخدام مديرات المحركات ذات السرعة المتغيرة (ASD) ونظم القدرة الكهربائية المستمرة (UPS). توجد بعض الملامح لتصميم هذه المعدات والتى تجعلها أكثر حساسية لمشاكل جودة التغذية .

بعض المعدات الصناعية الخاصة مثل ماكينات اللحام بالقوس وأفران القوس الكهربى والضواغط الكبيرة (أكبر من ٣ ميجاوات) لم تتغير منذ أكثر من ثلاثين عاماً. عملياً، تعتبر هذه المعدات المسببة لمشاكل جودة التغذية الكهربائية، ولكنها عادة لا تكون ضحية التغذية الكهربائية السيئة.

خصائص تصميم المعدات القديمة

Design characteristics of old equipment

منذ بداية الثورة الصناعية، استخدمت محركات التيار المستمر (DC)

بانتشار وتوسع لمعدات التحكم فى الحركة. كان يتم التحكم فى سرعة المحرك عن طريق تحريك أو تغيير مواضع الفرش (bruches) بالنسبة لملفات المحرك. تتم الصيانة الكهربائية دورياً بتحريك الفرش وصنفرتها، وتنظف بعناية أجزاء عضو التوحيد (commutator) للعضو الدوار (rotor) . عند تغيير الجهد، تتغير سرعة المحركات، وعند بداية تشغيل أى معدة كبيرة يصاحبها حدوث ارتعاش (Flicker) للإضاءة. ولكن تستمر المعدات فى العمل. ظهرت مشاكل فى جودة التغذية حينئذ، ولكن هذه المشاكل عادة لم تعمل على وقف عمل المعدات.

فى بداية ثورة صناعة الالكترونيات، امتازت الصمامات المفرغة (vacuum tubes) بعدد من وظائف التحكم فى المعدات الالكترونية. يحتاج الصمام الالكترونى إلى تيار حتى واحد أمبير من ٣٠٠ إلى ٤٠٠ فولت تيار مستمر (DC) وكانت قيمة الجهد الصحيحة لاتسبب أى مخاطر فى أغلب التطبيقات، ولكنها كانت خطرة، عندما كان يستخدم الصمام المفرغ لتشكيل تكييفات القدرة (power conditioning) ونظم الجهد (voltage regulation) . تتشكل وتتكون وظائف معينة للقدرة العالية ولأغراض خاصة باستخدام صمامات مملوءة بالغاز (gas filled tubes) أو مفرغة. وكانت شواحن البطاريات تنظم بواسطة صمامات تونجر (Tongar tubes). واستخدم الزئبق فى صمامات خاصة أخرى مثل مفاتيح القدرة العالية (High power switches). ثم البدأ فى استخدام المكبرات المغناطيسية (Magnetic amplifiers) للتحكم فى القدرات الكبيرة. وقد حدد مصممى المغناطيسية أن التحكم فى خصائص التشبع (saturation) يتم بقيمة صغيرة للتيار، وهكذا تتحول القدرة من ملفات التيار العالى للمحول إلى الملفات الأخرى. واستخدمت محولات الرنين الحديدى (Ferro - resonant transformers) لتغذية بعض العمليات الصناعية بمصادر قدرة منتظمة. هذه المصادر تمنع الجهود العابرة (transient) والتغيرات الصغيرة فى الجهد. لم يكن استخدام قواطع التيار شائعة لذا عند حدوث زيادة حمل فإن المصهرات كانت تنفجر. وقد تمت بعض الأبحاث

لتحديد أقصى تيار تتحمله التوصيلات الصناعية وعليه تطورت المصهرات لتتحمل السخونة الزائدة للأسلاك. وسميت هذه المصهرات «مانعات الحريق» (Fire - preventers) لأنها تفتح ببطء قبل أن يسخن السلك سخونة كافية عند بداية الحريق.

تستخدم الموحدات ذات الصفائح (plating rectifiers) من موحدات أكسيد الحديد (Copper oxide) وأكسيد السلينيم (Selenium oxide) . وهى تستخدم لمصادر تغذية خاصة لتحويل جهد AC إلى جهد DC منخفض القيمة للعمليات الصناعية لتشطيب المعادن والدهان الكهربائى. يكون التحكم الدقيق فى جهد المخرج DC ممكناً، والذى يسمح بدهان دقيق للمعادن مثل الكروم (chromium) والنيكل (nickel) على القضبان الصلبة للأسطوانات الهيدروليكية وترس الهبوط بالطائرة.

مهدت أكاسيد النحاس والسلينيوم الطريق للجرامنيوم (germanium) والسيليكون (silicon) فى صناعة الموحدات، فى أواخر الأربعينيات صنع أول ترانزستور، يسمح لتيار صغير جداً أن يتحكم فى مرور كمية كبيرة من التيار. وفى الخمسينيات صنعت أجهزة قدرة أعلى، مثل موحدات التحكم السليكونى (Silicon Controlled Rectifier SCR) والذى سمح لآلاف من المعاملات كإشارات صغيرة للتحكم فى كميات قدرة كبيرة.

نتيجة للتوسع فى استخدام دوائر شبه الموصلات (semiconductor circuits) فقد أصبحت مصادر التغذية أكثر أهمية. وتحتاج أغلب الدوائر لتحقيق وظائفها إلى جهود منتظمة ودقيقة. كانت الجهود المطلوبة لهذه الدوائر من ١٢ إلى ١٨ ڤولت (DC) ، بعضها يحتاج لكلا من الجهود الموجبة والسالبة. وحتى يكون المطلوب أكثر احتياجاً، فإن مصادر التغذية تجهز بمسار يكون مسئولاً عن توفيق قيمة الجهد السالب وقيمة الجهد الموجب. وتعتبر المحولات ذات الجهد المنخفض الثانوى كعزل ولكن لاتنظم الجهود الموجبة والسالبة. ولأن الجهد الخطى (line voltage) لايمكن أبداً أن يكون ١٢٠ ڤولت بالضبط، فإن الجهد الخارج من الملف الثانوى يكون كبير بما يكفى لتجهيز

الجهود المناسبة عند الخط المنخفض، وتكون الدوائر المنظمة مسئولة عن الجهود الحقيقية فى الدائرة.

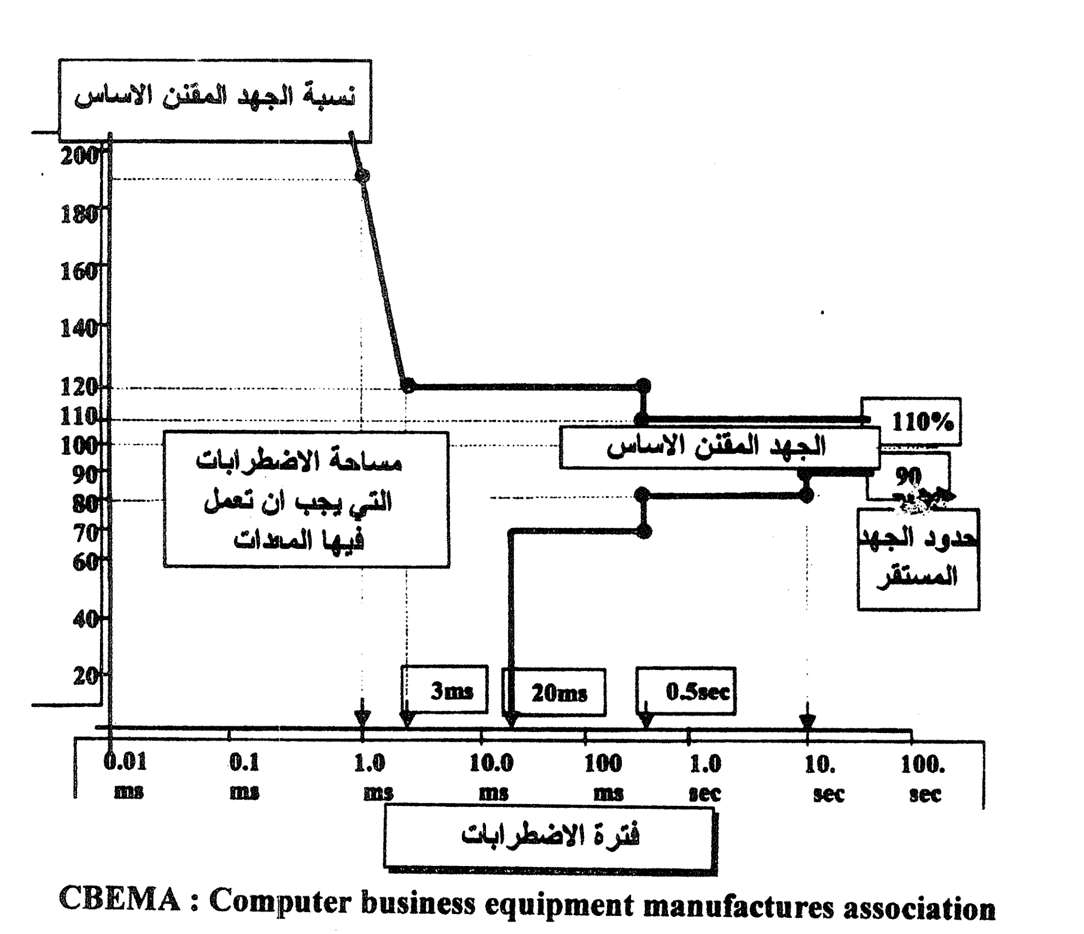
أساساً تعتبر المنظمات (regulator) كمقاومات متغيرة، لذا عند القيم الخطية تشير إلى كمية من الحرارة المتولدة بواسطة مكونات دائرة المنظم.

هذا الوصف يخص ما يعرف بالتنظيم الخطى (linear regulation) وكانت كفاءة مصدر تغذية المدخل (المحتوى على المحول، مكثفات مرشح، المنظمات الخطية) حوالى من ٣٠ إلى ٤٠٪. للدوائر التى تحتاج إلى ١٠٠ وات وإن المدخل لمصدر التغذية كان أكثر من ٣٠٠ وات.

وتعتبر هذه المنظمات الخطية غير كفء وكانت تسمح بالعديد من اضطرابات القوى. مصادر التغذية المحتوية على مكثفات كبيرة، كان المصنعون يفضلون المكثفات الكبيرة لأنها تتحمل السخونة الداخلية الناتجة عن خصائص عمليات التوحيد والمسماه بتيار المويجات (ripple current) . وتمتص هذه المكثفات الجهود العابرة وأيضاً تغذى الدوائر بمصدر تغذية خلال الانقطاعات قصيرة الأمد.

مع بداية تصنيع دوائر الحالة الصلبة للحاسب الآلى، أصبح الجهد المسموح أكثر حرجاً، لذا وضع صناع مصادر التغذية حدود معينة لمصادر تغذيته. ونشر منحنى CBEMA والخاص بجودة التغذية والموضح فى شكل (٢ – ١) قبل انتشار استخدام المعدات التى تعمل بالحاسب الآلى، كان يتم التحكم فى المحركات والآلات من خلال مفتاح تلامس (contactors) ومتممات (relays).

الكونتاكتورات هى معدات لقطع الدائرة والتى تستعمل ملامسات قدرة قابلة للتحرك تتصل إما بحافظة (armature) أو بمكبس (plunger) لمغناطيس كهربى كبير. تتحمل الملامسات التيار الاندفاعى العالى للمحرك التأثيرى عندما تكون السرعة مساوية للصفر، وإذا لم تكن الملامسات كبيرة وتتحمل القوى الميكانيكية الكبيرة فإنه يحدث قوس كهربى وينتج حرق بالملامسات. يحتاج المغناطيس الكهربى الكبير إلى تيارات عالية حتى يمكن أن تقفل



CBEMA : Computer business equipment manufactures association

ITIC : Information technology industry council

شكل (٢-١) منحنى ITIC المعدل لمنحنى CBEMA الخاص بجودة التغذية الكهربائية

الملامسات، إذا انفصل مصدر تغدية الملف مؤقتاً، فإن المجال المغناطيسى المتبقى (residual magnetic field) يساعد الملامسات على أن تظل مغلقة لعدة دورات. هذه الخاصية ويعتبر مانع قوى لحدوث جهود عابرة على الخط. ولا تمثل الجهود العابرة الزائدة أية مشاكل، ببساطة هى تجعل نقط التلامس أكثر إقفالاً.

ميكانيكياً، أغلب المحركات بالمصانع أكبر من المعتاد والتى تتصف بأن نظام عزل السلك المغناطيسى ضد درجات الحرارة العالية يكون مكلفاً، ويصبح عمر المحرك الذى يعمل عند أو بالقرب من المقنن (rating) قصير جداً. من ملامح المحركات الأكبر من المعتاد (oversize) خاصية القصور الذاتى (inertia). لكتلة دوران أكبر من المطلوب، يدور المحرك عملياً خلال انحدارات الجهد (voltage sags) ولفترة نصف دورة. مع التقدم، أصبح استخدام المحركات الصغيرة شائعاً، فللمحركات الأصغر كتلة دوران أقل، أى أن لها مقدرة أقل على الدوران خلال الانقطاعات اللحظية وانحدارات الجهد. ثم حلت التلامسات الصلبة (solid state contactors) محل الأنواع التقليدية. هذه التلامسات الجديدة تفصل لحظياً بمجرد ضياع مصدر التغذية أى أن الفصل لمدة نصف دورة يؤدى إلى توقف العملية الصناعية.

خصائص تصميم المعدات المعتمدة علي الحاسب الآلي

Design characteristics of computer based equipment

من أمثلة التعبيرات الجديدة والمستخدمة فى الحاسب الآلى:

معدل البود[1] (Baud rate)، تكنولوجيا ٣.٣ فولت ، الألياف الضوئية[2]

---

(١) معدل البود : هو مقياس تدفق البيانات ويساوى عدد عناصر الإشارة فى الثانية. (مثلاً سرعة التلغراف العادى تساوى ٥٠ بود والتليكس ٢٠٠ بود).

(٢) سلك الألياف الضوئية : وسط لنقل البيانات مصنوع من الألياف الزجاجية أو بلاستيكية (تجرى فيها أشعة ليزر أو أشعة ضوئية) لنقل كميات ضخمة من المعلومات وبسرعة الضوء.

(Fiber optics)، مســـــارات الأرض (ground loops)، التـعـارف[1] (handshaking) ..... والتى يجب التفكير فى كيفية عملها وتأثيرها وتأثرها بمصدر التغذية الكهربائية وما تسببه من اضطرابات ومدى حساسيتها للاضطرابات ... كذلك تأثير جزء أو أكثر من هذه المعدات الحساسة. وخاصة أن العمليات الصناعية تحتاج إلى عدد كبير من المعدات الحساسة والتى عادة تكون مرتبطة أو متصلة بنفس العملية. وكانت التكنولوجيات الأقدم تحتاج إلى ربط ميكانيكى والذى كان له مشاكله الخاصة به، ولكن مشكلة الحساسية للجهود العابرة لم تكن واحدة من هذه المشاكل. حالياً، يعتبر الحاسب الآلى هو المعدة الغالبة والشائعة لأغلب التحكمات فى العمليات. على خلاف، المفتاح الكهربى الحدى (electrical limit switch) الذى يستخدم كمتمم. عند جهد ١٢٠ ڤولت للتحكم فى المحرك، فإن معدات التحكم الجديدة تستخدم أجهزة الإحساس[2] الرقمية (digital sensors) لتغذية ميكروبروسيسور صغير داخل معدة ... يتحكم الميكروبروسيسور فى البيانات عن طريق تغيير الحالة، فإن الجهد الواطى جداً (حتى ١,١ ڤولت) يمثل حالة «الفصل» "off" بينما الارتفاع الأعلى فى الجهد (أكبر من ٢,٢ ڤولت ويقل عن ٣,٣ ڤولت) فإنه يمثل حالة «القفل» "ON" . عند حدوث جهود عابرة داخلية أكبر من واحد ڤولت فإنها تحدث فصل واضطراب للبيانات فى أجهزة الاستقبال. فمثلاً فى تكنولوجيا (Chanel Metal Oxide Silicon Logic) CHMOS نحصل على كفاءة عالية وشرائح عمليات مركبة بتكلفة منخفضة جداً ولكن تشغيلها عند ٣,٣ ڤولت يعنى أن حدود الأخطاء صغيرة ...

إذا كان جزء من هيكل الآلة والتى بها جهاز حساس ذى دائرة منطقية

---

(١) التعارف : هو تبادل البيانات بين جهازى إرسال واستقبال. تبادل سلسلة من إشارات ورموز السيطرة بين جهازين لإقامة اتصال بينهما.

(٢) جهاز أحساس : جهاز مصمم لملاحظة معلومات قياسية مستمرة مثل الحرارة، التدفق، الضغط.

logic circuit يعمل عند جهود أراضى مختلفة عن الأجهزة الحساسة الأخرى والموجودة بالأجزاء المختلفة بهيكل الآلة، عندئذ يوجد خطأ فى الجهود، يجب تداركه.

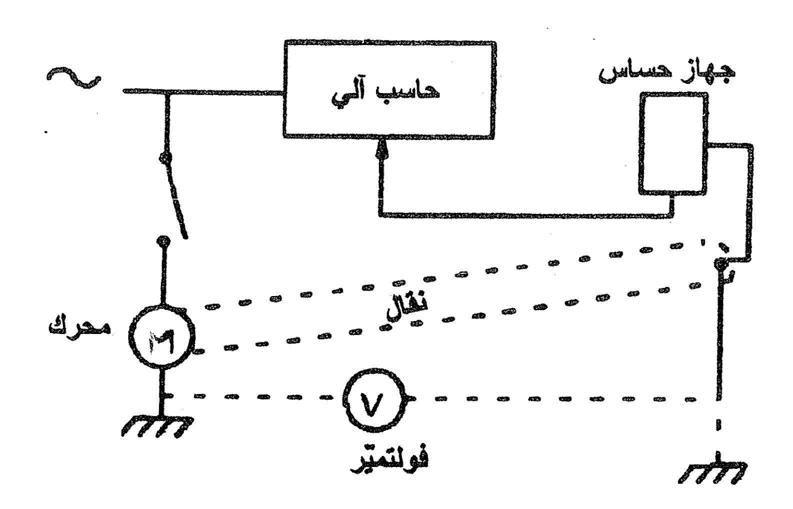
يوضح شكل (٢ – ٢) ، كيفية وجود أكثر من جهد أرضى لمعدة واحدة. حيث يوجد المحرك فى نهاية سير الجهاز النقال (Conveyor) ويبلغ طوله حوالى ٢٥ قدم. عند قفل كونتاكتور المحرك تتعرض المكثفات الثلاثة (التى تمثل جزء رئيسى فى الدائرة المكافئة للمحرك) للجهد اللحظى. هذه المكثفات تحقن التيار إلى الهيكل، هذا التيار يكون بدلالة معدل الارتفاع فى الجهد المسلط على الكونتاكتور. إذا قفلت جميع نقط التلامس فى وقت واحد، فإن التيار المحقون يكون صفراً، كما أن المجموع اللحظى لجهود الأوجه الثلاثة للنظام يكون صفراً عند أى لحظة، ولكن فى الحقيقة نقط التلامس لاتقفل معاً فى نفس الوقت، لذا يحقن تيار نبضى (current spike) إلى الهيكل. ويمكن أن تكون مقاومة DC من نقطة إلى أخرى على الهيكل صغيرة جداً، ولكن تكون الممانعة (inductance) بدلالة الهيكل الميكانيكى (mechanical layout). كل ذلك يؤدى إلى شوشرة بقيمة واحد ڤولت وبالتالى خطأ فى البيانات. تتكون خطوط الإنتاج من نظام معقد حيث يمكن أن يحتوى النظام على مئات (أحياناً آلاف) من الأجهزة الحساسة، إذا كانت أسلاك جميع الأجهزة الحساسة متصلة بلوحة التحكم، فإنها تمثل شبكة نسيجية من الأسلاك الصغيرة. فى أغلب الأوقات فإن هذه الحساسات تغذى سلسلة بيانات متدفقة خلال سلكين متقاطعين، مع كابل ذو سلكين على شكل سلسلة خط مواصلات[1] (daisy chain) من جهاز حساس إلى التالى له.

يرسل كل جهاز حساس نماذج بيانات يمكن أن يصنفها الكمبيوتر المضيف[2] (host computer) كبيانات مستقلة. عادة يرسل هذا الكمبيوتر

---

(١) سلسلة خط مواصلات : خط مواصلات يصل عدة وحدات بطريقة ينشر منها الإشارات من وحدة إلى الوحدة المجاورة لها بشكل تسلسلى.

(٢) الكمبيوتر المضيف : جهاز حاسب مرتبط بشبكة ويقوم فيها بوظائف مغايرة لنقل البيانات.



شكل (٢-٢) جهاز ميكانيكي لنقل الرزم والسلع

نماذج من البيانات عند معدل محدد (تبعـ لمعدل البود baud rate)، إلى الجهاز الحساس المستجيب. تسمى هذه العملية بالتعارف (hand - shaking) . ثم يرسل الجهاز الحساس بيانات محددة إلى الكمبيوتر المضيف. إذا حدثت شوشرة بقيمة واحـد ڤولت من معدة واحـدة (على بعد ٢٥ قدم) فكم يكون جهد الشوشرة الناتج من كل معدة من المائة والتى على بعد عدة أقدام ؟ إذا كانت كل المعدات مربوطة أو متصلة فى دائرة مغلقة، فسينتج تيار نبضى بقيمة ١٠ أمبير عند حدوث جهد عابر بقيمة واحد ڤولت من جهاز إلى آخر. فى مثل هذه الحالة، لايمكن أن تكون معاوقة الأرضى صغيرة بما يكفى، وتوجد احتياجات أخرى مثل الربط بالألياف الضوئية، واستخدام محولات متواصلة لوصل البيانات.

خصائص تصميم مديرات السرعة (ASD)

Desgin Characteristics of Adjustable Speed Drives

يتكون مدير السرعة، كما فى شكل (٢ - ٣) من عنصرين هما:

* الموحد (rectifier) والذى يحول مدخل مصدر التغذية من (AC) إلى (DC).
* الموحد العكسى (inverter) والذى يخلق جهد متغير ثلاثى الطور (أو أحادى الطور) وتردد متغير لتغذية المحرك.

تعمل أغلب المحركات ثلاثية الأطوار وبعض المحركات أحادية الطور بكفاءة عالية عند انخفاض السرعة وذلك عن طريق تقليل التردد، لوجود علاقة بين سرعة المحرك وتردد المدخل. وفائدة تغيير سرعة المحرك أن بعض العمليات تعمل بكفاءة عند تقليل المخرج، مثل حالة المضخة (pump) التى تجهز مياه باردة لعمليات المعالجة الحرارية. إذا كان التحكم فى عدد محدد من الأجزاء، فتستخدم الطريقة التقليدية لتقليل السريان (flow) عن طريق بعض الصمامات لتحويل (bypass) أو لتنظيم (regulate) مخرج المضخة. أحياناً يمكن أن تحدث المسارات التحويلية (bypass loops) رنين ميكانيكى (mechanical resonances) لذا يكون إبطاء المضخة أكثر كفاءة للتنظيم الميكانيكى. وتستخدم بكرات تغيير السرعة (variable speed pulleys) لنقل الحركة بالسيور (belt drives) ولكن هذا النظام يحتاج إلى صيانات كثيرة.

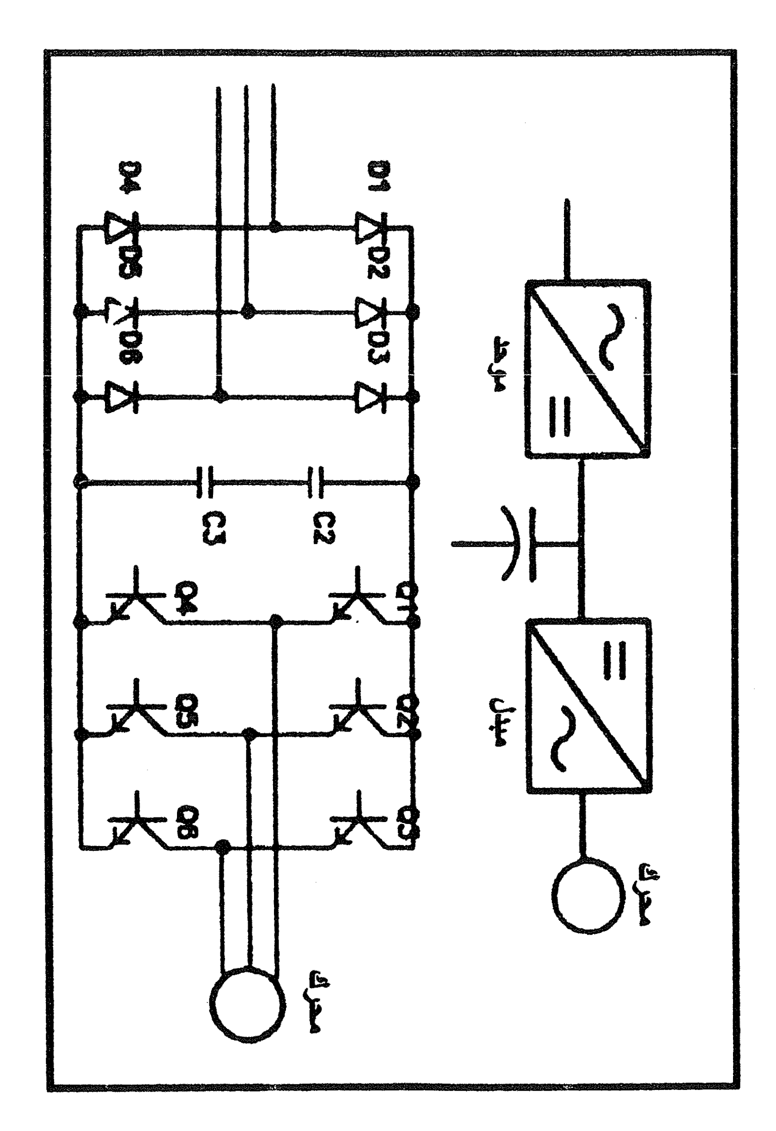
تحسنت تكنولوجيات الكترونيات القوى، وأصبحت الآن التكلفة مناسبة للموحدات العكسية للمحركات ذات قدرة أقل من واحد حصان وحتى عدة آلاف من الحصان. الأحجام الأكثر شيوعاً لمغيرات السرعة للقدرات من ٥٠ إلى ٥٠٠ حصان. تقدمت تكنولوجيا الموحد العكسى بتوسع، وتحتوى الأنواع الحديثة للـ ASD على موحد عكسى قوى ومتين، ويعمل فى مدى واسع جداً لجهد التيار المستمر (DC). يكون هذا المدى واسع بدرجة كافية بحيث لايحتاج أية تنظيم (regulation) لجهد مدخل الموحد. ويغذى جهد المصدر AC قنطرة موحد (bridge rectifier) بسيطة ويتصل مخرج القنطرة بمكثف ترشيح (DC) كبير.

تمنع مقاومة الحد من التيارات الاندفاعية (inrush) اللحظية فصل قاطع التيار بالمصدر، بينما يشحن المكثف. عند شحن المكثف، فإن هذه المقاومة تخرج من الدائرة. وعليه يصبح المكثف الكبير متصل مباشرة على مخرج قنطرة الموحد. ويكون الجهد المسلط على المكثفات بدلالة جهد المدخل. إذا زاد الجهد بسرعة، تكون الحالة متكررة عند تشغيل مكثفات شبكة التغذية، ويشبه هذا الزيادة السريعة فى الجهد المستمر DC ويؤدى هذا إلى أن دائرة الحماية لمدير السرعة تتصل بكل من المدخل والمخرج. وتنخفض سرعة المحرك سريعاً. وبالتالى فإن العمليات التى تتم بهذا المحرك يفصل عنها التغذية (مثل حالة سحب الزجاج من الأفران عند معدل تحكمى) فإذا انخفض جهد الخط، وفصلت أحمال أخرى فى نفس المنشأة، فذلك يسمح لجهد المدخل أن يرتد (bounce) إلى الزيادة ببطء، ولا يصل المدير (drive) إلى جهد مرتفع (DC) ولكن يمكن أن ينفصل تشغيل مغير السرعة إذا حدثت زيادة مفاجأة فى الجهد بدرجة كبيرة كافية لفصل قاطع تيار المدخل كنتيجة للتيار العارم (surge) المسحوب من خلال المكثفات.

هذا ولقد تم تخصيص الباب الخامس لتوضيح كل ما يتعلق بمديرات السرعة لانتشارها السريع فى أغلب الأحمال الصناعية والتجارية.

لماذا تكون المعدات مصدر المشاكل لجودة التغذية الكهربائية؟

ماذا يؤخذ فى الاعتبار لتصميم معدات نظيفة؟



شكل (٢-٣) مكونات مدير السرعة المتغيرة

قبل أن نعرف ماهى الاعتبارات المأخوذة عند تصميم معدات نظيفة، أى المعدات التى لاتخلق أو تسبب مشاكل لجودة التغذية أو تعود عليها .. يجب أن نفهم لماذا وكيف أن بعض الأنواع المعينة تسبب مشاكل لجودةالتغذية. فيجب أن نفهم بعض التعبيرات مثل التيار الاندفاعى "inrush" والأحمال غير الخطية (non-linear).

فى أغلب الحالات فإن المعدات «النظيفة» "clean" تعنى تكلفة أكثر.. ولكن فى الحقيقة أن التكلفة أقل، حيث يؤخذ فى الاعتبار معدات العلاج وضياع الإنتاجية. عندما تكون المعدات حساسة، تلعب الاقتصاديات دور فعال فى الصناعة. فى بيئة معينة، لاتوجد معدات كبيرة تسبب مشاكل لجودة التغذية، ولكن توجد أعداد كبيرة من الحاسبات الآلية PC الصغيرة وتكون تكلفة علاج المشاكل الناتجة من العدد الكبير من PC واضحاً مقارنة بتكلفة إنتاج PC لايولد توافقيات.

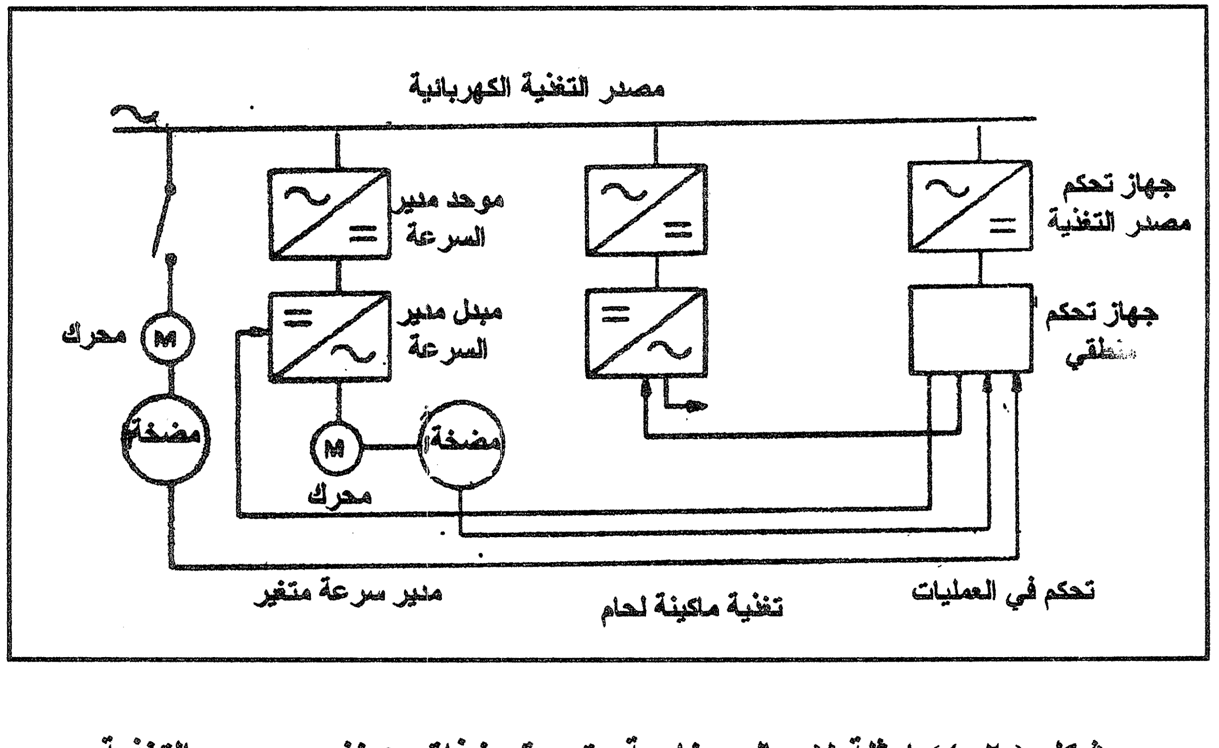
رسومات تخطيطية توضيحية نمطية للمعدات الصناعية:

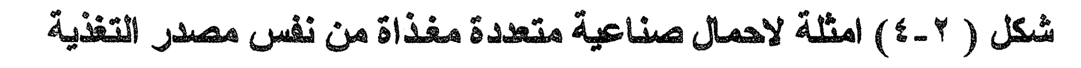
يمكن لكل من معدات الذكاء الاصطناعى [1] (robotics) وماكينات اللحام ودوائر التحكم أن تشارك فى عنصر واحد لمصدر التغذية. يجهز نظام صناعى نمطى برسم خطى توضيحى كما فى شكل (٢ - ٤) والذى يوضح كيف أن مصدر التغذية يصبح مصدراً لمشاكل جودة التغذية.

يكون عنصر مصدر التغذية المشارك الأكبر فى مشاكل جودة التغذية. حالياً فإن الجزء الأكبر من تصميم مصادر التغذية هو نوع حالة التحويل (switch mode type) والذى يعنى أن يتحول مصدر التغذية AC مباشرة إلى عملية توحيد ثم يتصل بمكثف ترشيح / تخزين الطاقة / energy storage

---

(١) علم الإنسان الآلى : حقل خاص بالذكاء الاصطناعى المتعلق بأجهزة الإنسان الآلى. علم تصميم الإنسان الآلى واستخدامه.





شكل (٢-٤) امثلة لاحمال صناعية متعددة مغذاة من نفس مصدر التغذية

filter capacitor) . حيث تسحب الموحدات تيارات ذروة عالية عند أو بالقرب من ذروة موجه الجهد.

إذا كانت مفاعله (reactance) دائرة المصدر كبيرة بما يكفى، بمعنى آخر أن يكون كابل مصدر التغذية طويل، أو أن يكون الموحد كبير بالنسبة لمحول مصدر التغذية فإن الجهد يصبح مشوهاً ويحتوى على قمة مسطحة كما فى الشكل (٢ – ٥) والذى يوضح موجة جيبية نقية، وموجه تيار مدخل المصدر لحالة التحويل (switch mode) ، والنتيجة موجة الجهد عند نهاية مغذى طويل.

رسومات تخطيطية توضيحية للمعدات النظيفة:

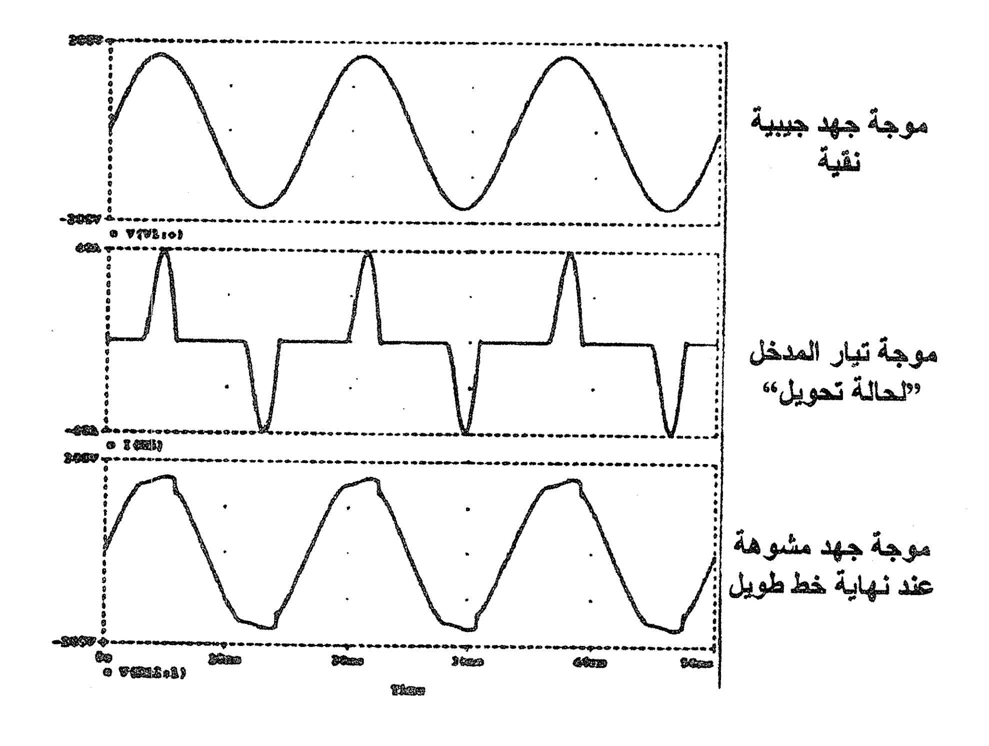
يوضح شكل (٢ – ٦) رسم خطى لمعدات نظيفة. هذا التحديث لايكون فقط مانع لمشاكل جودة التغذية ولكن أيضاً أقل حساسية لبعض أنواع اضطرابات مصادر التغذية.

أساس هذا النوع عبارة عن دائرة قاطع تعزيز (boost chopper circuit) والتى تشكل منظم ومحسن لمعامل القدرة ومحاكاة [١] (emulation) للموجة الجيبية معاً.

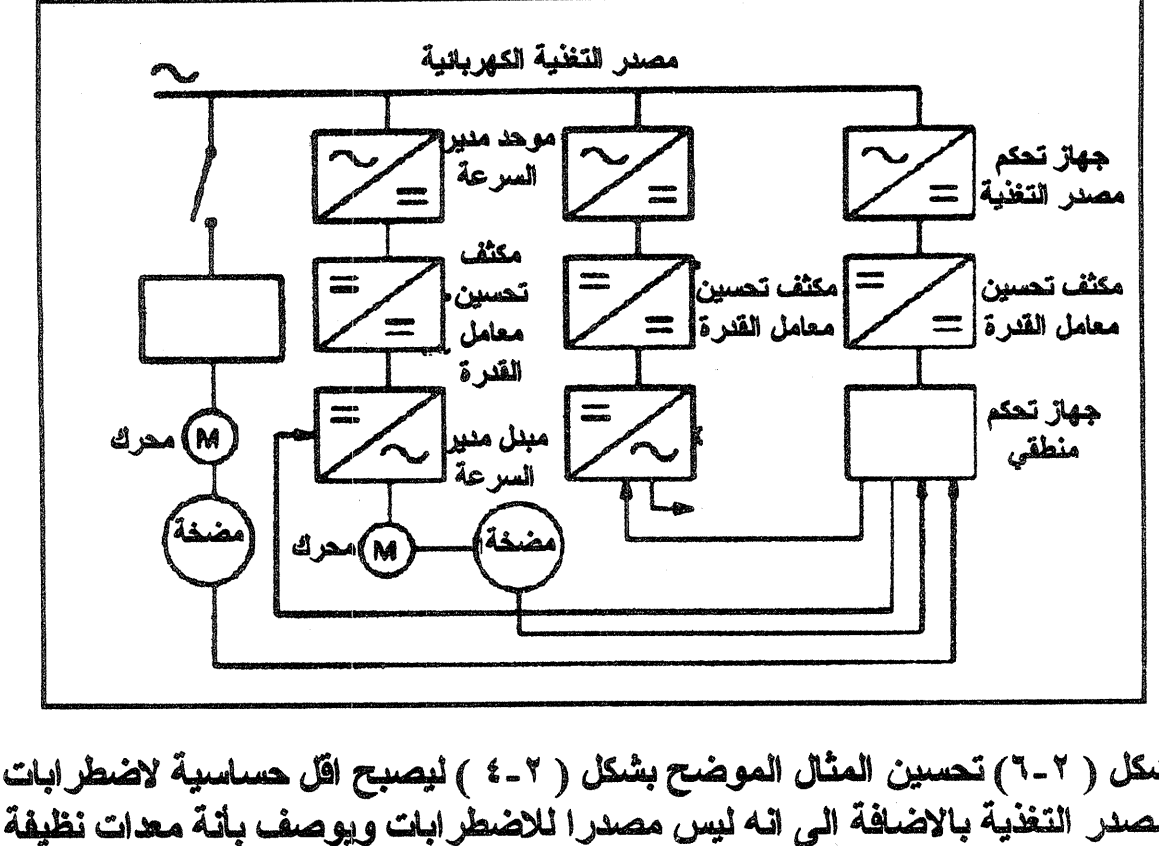
يوحد المدخل، كما فى الدائرة السابقة، ولكن بدلاً من أن يتصل الموحد مع مكثف كبير، فإن الموحد يوصل مع مكثف صغير ودائرة رفع جهد تردد عالى تسحب تيار نبضى صغير قريب من الجهد الصفرى (zero voltage) ، ثم يزيد التيار النبضى كلما زاد جهد المدخل. تعمل دائرة الرفع

---

(١) محاكاة : (محاكاة فى الزمن الحقيقى) تطبيق نظام يسمح لجهاز كمبيوتر بتنفيذ برنامج مكتوب أصلاً لجهاز آخر، ويعمل هذا النظام فى الزمن الحقيقى، وهكذا يختلف عن المحاكاة التى قد تكون أبطأ.



شكل (٢-٥) تشوة موجة الجهد نتيجة سحب تيار "لحالة تحويل"



شكل (٢-٦) تحسين المثال الموضح بشكل (٢-٤) ليصبح اقل حساسية لاضطرابات مصدر التغذية بالاضافة الى انه ليس مصدرا للاضطرابات ويوصف بأنة معدات نظيفة

عند تردد عالى نسبياً، أكبر عدة آلاف من تردد المصدر. يسمح تشغيل التردد العالى للدائرة أن تستجيب للتغيرات اللحظية فى جهد المدخل، مثل حالة الجهود العالية العابرة (transient)، بينما يكون التحكم المنطقى لهذا العمل معقداً، جميع هذه الدوال أو الأعمال مجمعة فى شريحة واحدة وهذا أفضل لعمليات التشغيل.

فى هذا الرسم الجديد فإن تنظيم الجهد المستمر DC يتم بشكل مشابه للحالة السابقة، وهو يستخدم لتغذية عاكس السرعة المتغيرة (variable speed inverter)، متحكمات المحركات المتدرجة (١) (Stepper motor controls)، وملف لولبى (٢) (solenoid)، والأجهزة المشابهة. ويكون هذا الحل اقتصادياً للقدرات أقل من ٣٠٠ ك.و.

اقتصاديات الأجهزة النظيفة:

شعار المصنعين للأجهزة النظيف هو: «من المؤكد أن هذه الأجهزة أكثر تكلفة ولكنها تستحق» « Sure it costs more, but it's worth it » ولكن على المدى البعيد سوف تنتشر أجهزة أفضل بأسعار أقل. وسيلعب الإنتاج الوفير دوراً هاماً. إذا اتفق واتحد جميع الموردين بهدف تحقيق المواصفات القياسية والتوسع فى التسويق وتطوير وتصنيع الأجهزة النظيفة فسوف تنخفض التكلفة، وسيقترب الفرق بين المعدات من حيث أفضلية العمل وأقلية التكلفة.

---

(١) محرك متدرج: محرك كهربى يدور عمود دورانه بخطوات دائرية منتظمة وقصيرة، أى لايكون دورانه بشكل متواصل ومستمر كما فى المحركات العادية. عادة تكون خطوات الدوران هى ٣٠° أو ٤٥° أو ٩٠°.

(٢) ملف لولبى: ملف من السلك، أنبوبى الشكل، مفتوح نهايتيه، وطوله أطول من قطره، يتكون من عدد كبير من اللفات المعزولة، ويتولد عند مرور التيار فيه مجال مغناطيسى محاذ لمحوره.

فى الأجهزة الحديثة، تم إضافة مكونات خاصة بمصدر التغذية تظهر تكلفة أعلى فى الفاتورة . مثلاً فى الحاسبات الشخصية، تكلفة إضافة هذه الدائرة حوالى ٨,٨ دولار لكل حاسب. فى الحجرات المحتوية على عدد من الحاسبات الشخصية، فإن الوفر ينتج من أنه يمكن توصيل أكثر من حاسب على محول التوزيع. حيث أن مصدر التغذية النظيف لايسحب تيارات ذروة عالية، فينخفض جذر متوسط مربعات التيار المار بمصدر التغذية حتى لو كانت نفس القدرة المتوسطة المسحوبة من المصدر. وتقل المفقودات فى الكابلات وتنخفض تكلفة الاستهلاك سنوياً. وبالنسبة لمديرات السرعة للمحركات القابلة للانضباط الكبيرة (ASD) فإن الوفر يكون جوهرياً. لمنشأة خاصة، تم تركيب مرشحات سلبية (passive filers) لعلاج التوافقيات لكل مدير سرعة، وقد تعدت تكلفة توريد وتركيب المرشحات تكلفة المديرات نفسها.

لمديرات السرعة المتغيرة ذات القدرات أكبر من ٣٠٠ حصان، ولموحدات القدرة الكبيرة فيجب أن تحتوى محولات التوزيع المغذية لهذه الأحمال على تكنولوجيات التخلص من التوافقيات. ولهذه التكنولوجيات تكلفة إضافية، ولكنها تكون أقل من تكلفة أجهزة المعالجة (mitigation equipment).

مكونات الأجهزة الحساسة:

يتبادر للذهن السؤال التالى : لماذا تنهار الأجهزة أو لماذا لاتعمل بكفاءة؟

مشاكل جودة التغذية الكهربائية المؤثرة فى المعدات والأجهزة الحساسة هى : الجهود العابرة (transient) والانحدارات (dips or sags)، والجهود العارمة (surges) والتداخلات الكهرومغناطيسية. بالإضافة إلى أخطاء الاتصالات الناتجة عن اختلافات الأراضى، والتفريغ الكهروستاتيكى والإشارات المزدوجة على خطوط الاتصالات.

يصنف الأداء الخاطئ للأجهزة الحساسة إلى :

- الانهيارات الشديدة : وفيها تنهار أو تعطل المكونات.

- الانهيارات غير الشديدة : والتى ترجع إلى حساسية دائرة التغذية. مثل حالة حدوث فصل لدائرة الحماية ضد ارتفاع الجهد لمديرات السرعة المتغيرة عند تعرض مصدر التغذية لجهود عابرة نتيجة تشغيل مكثفات مثلاً.

- يمكن أن تؤدى الانهيارات غير الشديدة والتى ترجع إلى أخطاء تحكم الاتصالات أو أخطاء الكاشفات أو الأجهزة الحساسة (sensors) ، مثلاً القراءات غير الصحيحة للكاشف الحرارى، إلى توقف العملية الصناعية حتى لو كانت درجة الحرارة فى الحدود المسموحة.

يمكن أن ينتج تشويش كهربائى فى إشارات الاتصالات. لذا يتم تصميم كاشفات أو حساسات للكشف عن التشويش الكهربى وتكون تكلفتها بسيطة جداً بالنسبة للتكلفة الكلية للنظام.

خصائص التصميم التفصيلي للمعدات القديمة:

قبل استخدام دوائر الحالة الصلبة (solid state) ، كان يتم التحكم فى المحركات باستخدام مفاتيح تلامس والتى يتحكم فيها بواسطة إما المتممات (relays) أو الأزرار (push buttons) . ويتحكم فى معدات الآلات ومعدات الناقل (conveyer) والمحركات والمضخات بواسطة متممات زرجنة معقدة. يمكن أن يكون جهد التحكم إما ١١٠ أو ٢٢٠ ڤولت تيار متردد أو ٢٤ ڤولت تيار مستمر. تصمم المتممات لتتحمل سماحية كبيرة فى الجهد، أغلب المتممات لاتفصل حتى يصل جهد الملف إلى أقل من ٧٠٪ من الجهد المقنن. ويزال الفيض العالى الحادث على الملفات، عند الجهد المقنن، والمتآخر عن جهد الملف بدورتين. بمعنى آخر يكون لنظام التحكم الداخلى سماحية عالية للاضطرابات التالية : الجهود العابرة العالية، الانحدارات فى الجهد وأيضاً ضياع الجهد لفترة دورة أو اثنين بدون الأداء الخاطئ. وذلك لأن أجهزة الإحساس تعمل عند نفس

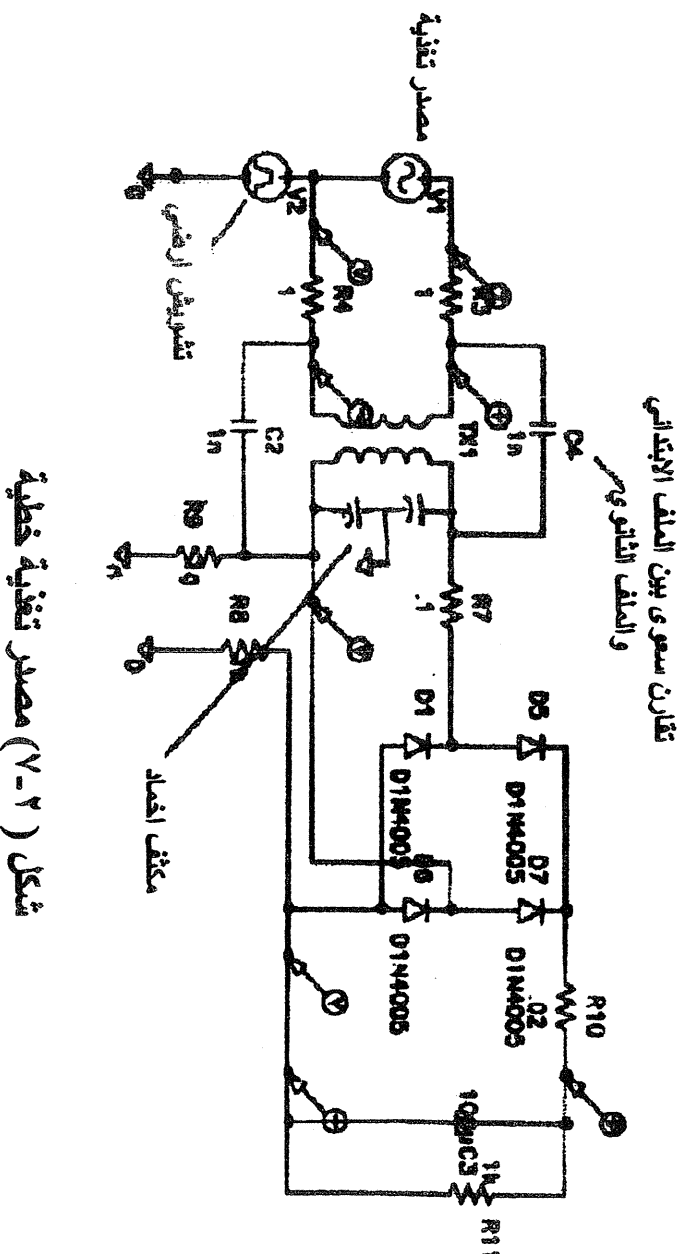
مستويات الجهد، ولاتمثل الشوشرة مشكلة، ويفترض إذا كان التحكم غير دقيق بدرجة كافية، ولكنه يعالج مشاكل مرافق الكهرباء. إذا استلزم تحكم للعمليات والمعدات، ينقل إلى نظم الجهد المستمر DC المنخفض للاستفادة بأجهزة الإحساس الالكترونية والتى تجهز بسهولة فى نظم التصنيع.

قبل استخدام أنصاف أشباه الموصلات (semiconductors) ذات الجهد العالى، فإن نظم التحكم الأولى كانت تستخدم أجهزة إحساس باستعمال حالة الصلابة (solid state) والتى تغذى من مصادر قدرة خطية. هذه المصادر تتكون كما فى شكل (٢ - ٧) من : محول خفض، موحد، مرشح DC كبير، وعنصر تنظيم خطى أو مقاومى. يستجيب العنصر الخطى Linear element بسرعة للتغيرات فى جهد الخط (line voltage) ولفترة انخفاض حوالى نصف دورة. ويوجد مظاهر للأداء مرتبطة بالصيانة. مثلاً عمر مكثف المرشح الالكتروليتى [١] يجف وتزيد مقاومته الداخلية. تؤثر المقاومة الداخلية فى مقدرة خصائص قدرة مدخل المرشح. يكون العمر الافتراضى النموذجى لمكثفات الالكتروليتى من ٧ إلى ١٠ سنوات . ويجب أن تشمل الاختبارات الدورية لهذه المكثفات الهامة لمصدر التغذية على فحص وتفتيش مبرمج.

يوازن جهد مدخل المصدر بواسطة ١٠ ڤولت تشويش أرضى بتردد سريع ٩٦٠ هرتز، وهو مستوى نمطى فى كثير من مواضع المصانع، حتى لو كان موصل التعادل للمصدر مؤرضاً، ويوجد الأرضى فقط عند DC والترددات المنخفضة وليس عند الترددات الأعلى.

---

(١) مكثف الكتروليتى : مكثف مؤلف من اللكترودين يفصلهما محلول الكتروليت وتتكون فيه على سطح أحد الألكترودين طبقة رقيقة من مادة عازلة. تتميز مثل هذه المكثفات بكبر قيمة السعوية مع صغر حجم المكثف.



شكل (٢-٧) مصدر تغذية خطية

وتوجد الممانعة العالية بين الأرضى عند المعدات وبين نقطة التعادل عند محول المصدر. يمكن أن تنتج سعوية صغيرة بين الملفات الابتدائية والملفات الثانوية فى الربط المباشر لإشارات التردد العالية. ويوضح الشكل (٢ – ٨) موجة المدخل وموجة المخرج (٣٢ فولت DC غير منتظم) وجهد التشويش المشترك المنطقى (logic common noise voltage) إذا لم تخمد (unsuppressed)، فإن جهد التشويش هذا سوف ينتشر إلى أى جهاز متصل بمصدر التغذية عند المستوى المنطقى. هذا الجهد يكون كافياً لإحداث أخطاء الاتصالات بالأجهزة المتصلة مباشرة بدوائر تحكم مصدر التغذية.

يوضح شكل (٢ – ٧) موضع مكثفات إخماد التشويش والتى تحذف نمطياً كما يوضح مكثفين، ٠,٠١ ميكروفاراد سيراميك، لتوهين (attenuation) [(١)] التشويش بواسطة عامل يساوى ١٠ (التوهين كافى للتخلص من مشاكل التشويش).

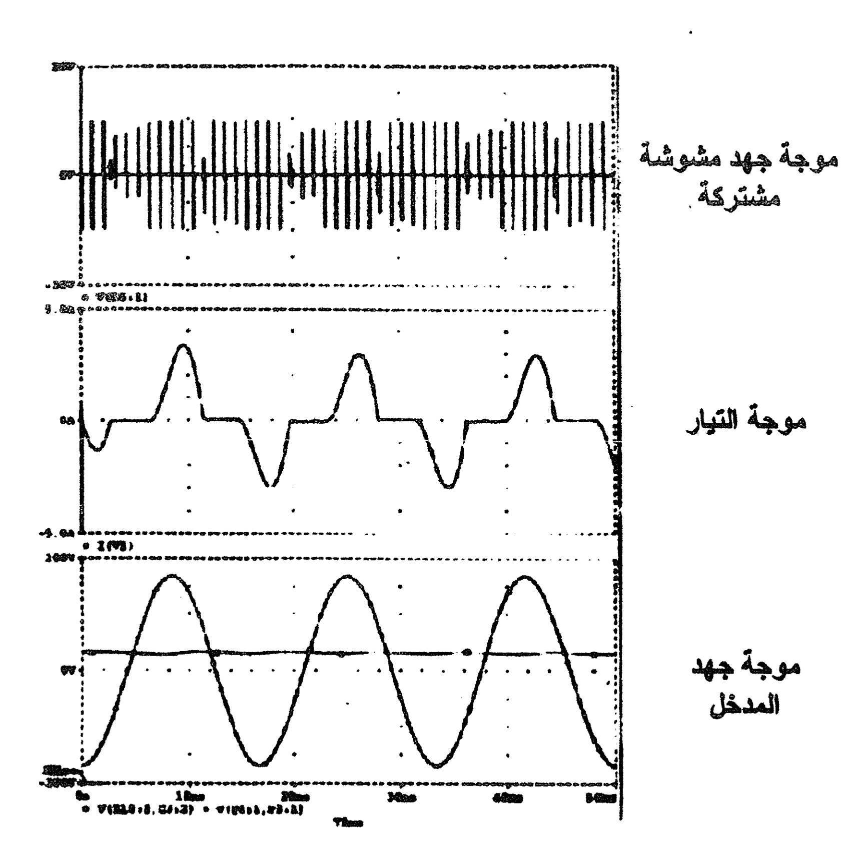
خصائص التصميم التفصيلي للحاسبات ومساعداتها:

يوجد عدد من العناصر الشائعة تشارك فى المكونات بين مصدر التغذية ومخرج البيانات مثل الحاسبات الرئيسية ، محطة التشغيل، الحاسبات الشخصية، والمتحكمات الصغيرة.

روجع مصدر تغذية حالة التشغيل (switch mode power supply) ، وشدته وضعفه، على طول المسارات المتاحة للتسلل. ويراجع الجهد المنخفض المنطقى وتداخلاته مع الأجزاء المحيطة .

---

(١) التوهين (أو تخفيف أو تلطيف) الفرق بين سعة الإشارة الكهربائية عند نقطة الإرسال وسعتها عند نقطة الاستقبال.



شكل (٢-٨) شكل موجات الدائرة الموضحة في شكل (٢-٧)

يقدم تداخل المساعدات الصناعية مستوى حساسية للمتعرض وغير المتعرض. تؤثر المجالات المغناطيسية المزدوجة على شاشة العرض. وتؤثر إنشاءات المعدات بالمنشأة على أداء المعدات.

تتصل كثير من أجهزة الاتصالات والحاسبات الآلية والمتحكمات الصغيرة والمتحكمات المنطقية المبرمجة من خلال واحدة من اثنين من أكثر وسائل نقل البيانات شيوعاً وهى الأجهزة البينية (1) (RS - 485 , RS - 232). توصف هذه الوسائل فقط بمستويات الجهد ومقدره تيارات الإشارات ولا تعرف كيف يتم نقل البيانات. وتعمل هاتان الوسيلتان بإشارات جهد منخفض حوالى ١٢ ڤولت. فى المثال السابق، فإن جهد التشويش الأرضى المحقون بقيمة ١٠ ڤولت لمصدر التغذية له تأثير جوهرى على موثوقية البيانات المنقولة على الخطوط المتصلة مباشرة إلى مصدر التغذية. من طرق حذف التشويش المحتمل الموجود بين نظم استخدام جهاز طرفى ما يعرف باسم مرسل ومستقبل معزول (isolated transceivers). هذه الدوائر المتكاملة (٢) (integrated circuits) لها تصميم خاص لعازلات بصرية مزدوجة الاتجاه (٣) (bi-directional optical isolators) لحذف الاتصال المباشر مع مصدر التغذية المنطقى فى المتحكم. يستخدم الصناع هذه الأجهزة ويتم دفع ثمن لها أكثر من الأجهزة التى سيتم تغيرها حتى ٣٠ دولار لكل شريحة معزولة. ولكن تحسين العول المتحقق بواسطة هذه الأجهزة يجعل التكلفة بسيطة نسبياً مقارنة بالتكلفة الكلية للإنشاءات.

كثير من الحساسات لاتخلق إشارات رقمية (digital signals) ، ولكنها تخلق

---

(١) جهاز بينى (مثل RS - 232) : يشكل صلة وصل بين جهاز التضمين والاستخلاص وبين المعدات الطرفية (النهائية) التابعة لوحدة التشغيل الرئيسية.

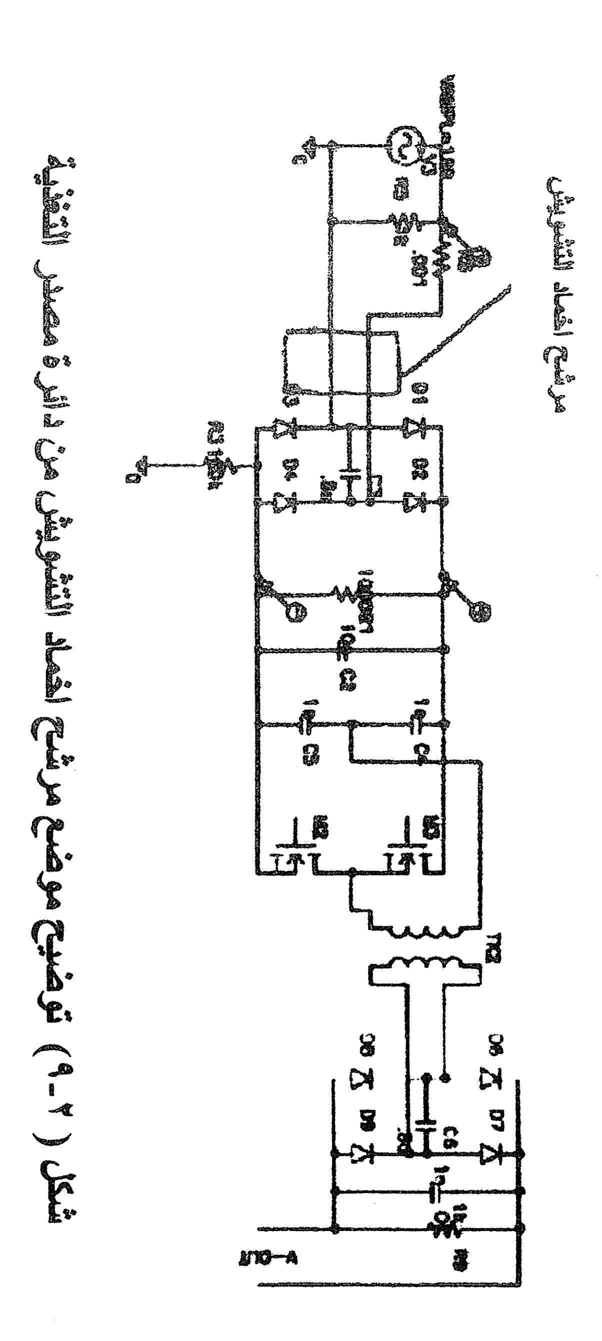
(٢) الدائرة المتكاملة : مجموعة عناصر دائرة كهربائية تشكل بطريقة كيماوية على قطعة من مادة شبه موصلة.

(٣) مزدوج الاتجاه : مصطلح يطلق على محطة أو خط توزيع يمكن استخدامه لنقل البيانات فى أى من الاتجاهين.

إشارات نظيرية (analog signals) حيث تتناسب الجهود المنخفضة مع كمية الضغط، أو درجة الحرارة أو السريان أو أى كميات عملية. هذه الإشارات لايمكن عزلها، ولكنها تكون مشروطة باستخدام مكبرات تفاضلية (differential amplifiers) ، والتى تكون عبارة عن معدات حالة الصلابة (solid state). وتقيس الاختلاف الحقيقى بين جهدين، حتى لو أن كلا من الجهدين محملاً بتشويش أرضى. فى مصدر التغذية المذكور فى المثال السابق، إذا وصل ازدواج حرارى (thermocouple) إلى لوح معدنى مؤرض لقياس درجة حرارة ضغط اللوح فى عمليات المسبوكات (molding process) ، عندئذ تظهر نبضات بقيمة ١٠ ڤولت على أطراف المدخل لدائرة المراقبة باستخدام لوح تكييف (conditioning board) والذى يستعمل مكبر تفاضلى معاكس لمداخل الأطراف المفردة لتجهيز مستوى أعلى من مناعة التشويش. يعبر عن مناعة تشويش المدخل بنسبة الرفض المشترك (Common Mode Rejection Ratio) (CMRR) والذى يرمز له بديسبل (decibel) التوهين. تعنى النسبة CMRR لـ ٦٠ ديسبل، التوهين لإشارات غير مرغوبة حوالى ١٠٠٠ أو ١

غالباً لجميع المعدات الجديدة ينتشر استخدام مصدر تغذية حالة التشغيل switch mode power supply بدلاً من التجهيز بمحول عزل كما فى المثال السابق لمصدر التغذية، فإن مصادر التغذية هذه توحد مباشرة جهد المدخل إلى ٣٠٠ ڤولت DC غير منتظم، ثم يستخدم عاكس صغير للترددات العالية ، يعمل بتردد أعلى من ٢٠ ك. هرتز لتخليق موجة مربعة. يجهز بمحول صغير للعزل بين خط الدخول وجهد المخرج المنخفض. ولأن عاكس الترددات العالية يتحكم فيه، فإن تنظيم جهد المخرج يتم بتبديل موجة الجهد العالى المربعة بدلاً من منظم توالى ناقص lossy series regulator عند المخرج.

يوضح شكل (٢ – ٩) تمثيل مصدر تغذيه حالة التشغيل. ولوجود ربط متصل بين الجهد العالى والجهد المنخفض فى محول التردد العالى، فإن مصدر تغذية حالة التشغيل يكون أكثر سهولة لربط التشويش من خط المدخل إلى مخرج الجهد المنخفض.



شكل (٢-٩) توضيح موضع مرشح اخماد التشويش من دائرة مصدر التغذية

كما فى مثال مصدر التغذية الخطى، يمكن استخدام مكثفات إخماد. ولكن فى تصميم مصادر تغذية حالة التشغيل حيث تصمم وتختبر مكثفات محددة تبعاً للتطبيقات وتركب من خلال خط التغذية.

فيما يتعلق بحساسية تصميم جهاز الحساسية والذى غالباً يراقب كيفية تأثير أنواع معينة من المكونات، خاصة مكبرات الدوائر المتكاملة (integrated circuit amplifiers) ومكبرات أجهزة منفصلة [١] (discrete device amplifiers) . تستخدم المكبرات كجزء من الدوائر المسئولة عن زيادة قيمة إشارات صغيرة للمستوى المناسب للعمليات الرقمية، أو التى تكون مناسبة للنقل على طول الكابلات بدون إحداث مخاطر التداخلات. يوجد صنفين أساسين لدوائر التكبير، مجموعة تستخدم ترانزستورات ثنائى الأقطاب [٢] (bipolar transistors) ، والأخرى تستخدم ترانزستورات المتأثرة بالمجال من النوع ذى الوصلة JFET (Junction Field Effect Transistors) . فى حالة استخدام ذوج تفاضلى ثنائى الأقطاب نموذجى تعمل الوصلة بين القاعدة والباعث (base-to-emitter) لكاشف تضمين السعة[٣] (Amplitude Modulation Detector) AM، ويمكن أن نكشف، أو نكبر إشارات التردد العالية، والمحتوية على خطأ الإشارة المكتشف بصعوبة أثناء القياسات. هذه الظاهرة لالتقاط التشويش لاينص عليها بأى شكل فى تقارير البيانات، ولاتذكر فى وثائق أو كتب المحاضرات، ولكن لايوجد ما يثبت أن الظاهرة حقيقية.

لاتوجد مواصفات تجارية لحساسية المعدات، فقط المواصفات العسكرية. توصف الحساسية لكل من التداخلات المنبعثة (radiated interference)

---

(١) دائرة منفصلة : هى دائرة الكترونية مبنية من عناصر منفصلة (صمامات – مكثفات – مقاومات – ترانزستورات...) كل منها يشكل وحدة بحد ذاته.

(٢) ثنائى الأقطاب : إحدى تقنيات صناعة الدوائر المتكاملة، تصف نوعاً من الترانزستورات يعتمد على كلا النوعين من حاملى الشحنات (الالكترونية والفراغات).

(٣) تضمين السعة : (تعديل سعة الموجة) : تغيير سعة قوة الإشارة لموجة حاملة بناء على إشارة معلومات.

[المنقولة من هوائى خاص] والتداخلات الموصلة (conducted interference) [والمرتبطة بخطوط القوى]. وللأسف لايوجد أى تصحيح بين المواصفات القياسية والحقيقية. مثلاً ملامسات التقوس[1] (arcing contactors) تعتبر مصدر لكل من التشويش والتداخلات المنبعثة والموصلة. يتم اختبار فعلى بمصانع المنتج باستخدام محرك ثلاثى الأطوار ونقط تلامس بداية تشغيل المحرك. يحتاج المحرك إلى جزء من سعة حقيقية من محول القدرة لتغذية المعدات تحت الاختبار. فمثلاً لمحرك ٢٠ حصان يفى بالغرض محول قدره ٧٥٠ ك. ف أ. وللمحركات الأكبر يجب استخدام محول أكبر. التوصيل والفصل القلاب للمحرك ينتج جهود عابرة على خط القدرة. إذا استجابت معدات عمليات البيانات المتصلة استجابة غير ملائمة، أو سجلت أخطاء، عندئذ يكون مشكوكاً فى المناعة ضد التشويش.

خصائص التصميم التفصيلي لمديرات السرعة القابلة للضبط:

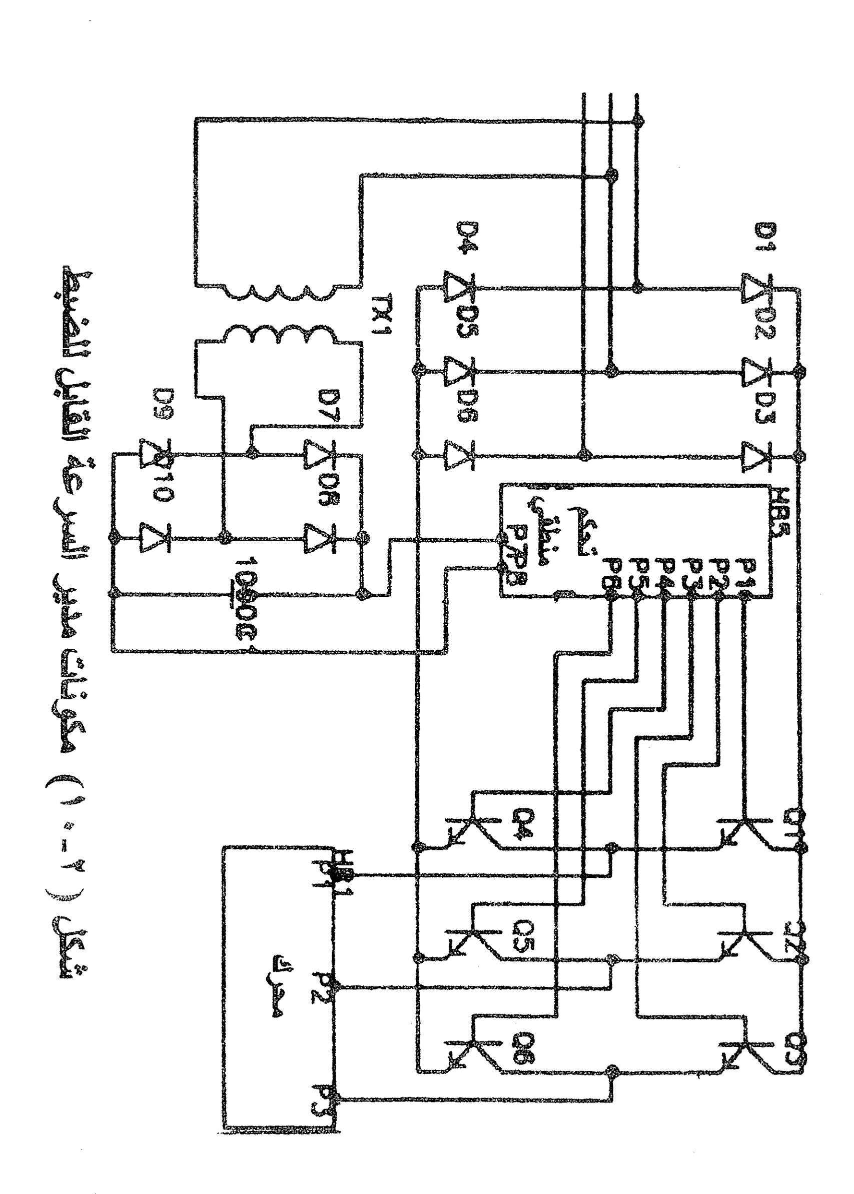
يتكون مدير السرعة القابل للضبط (Adjustable Speed Drive) (ASD) من موحد (rectifier)، ومرشح (Filter)، وعاكس (inverter) ودائرة تحكم (control). ويكون الجزء التكاملى (interal part) فى دائرة التحكم مماثل لمصدر التغذية المنطقى المذكور فى الفصل السابق.

يوضح شكل (٢ – ١٠) مكونات مدير السرعة القابل للضبط.

فى المديرات الكبيرة يكون مصدر التغذية المنطقى عبارة عن محول لتشغيل الأجهزة ولذلك فإنه يكون بدلالة الجهد الأساسى ٤٨٠ ڤولت، ٥٧٥ ڤولت والجهود الأقل. ويجهز بمصدر تغذية حالة التشغيل جهد ٦٠٠ ڤولت، ولايكون اقتصادياً فى حالة الاحتياج إلى استخدام أجهزة ١٤٠٠ ڤولت لعاكس المصدر. يكون التيار صغير جداً، وتتزن تكلفة المحول ٦٠ هرتز عن طريق انخفاض تكلفة الأجهزة للتصميمات البسيطة. يمكن استخدام معدات بسيطة

---

(١) ملامسات التقوس : ملامسات إضافية تزود بها معدات القطع والوصل بحيث تفتح بعد الملامسات الرئيسية وتقفل قبلها وذلك لوقايتها من أضرار القوس الكهربائية الناتجة.



شكل (٢ - ١٠) مكونات مدير السرعة القابل للضبط

مثل مكثف إخماد التشويش (noise suppression capacitor) ، ومكثف الكتروليتى (electrolytic) كبير بدرجة كافية للحفاظ على عدم الانقطاعات لمدة دورتين.

إذا تواجد المدير مع معدات أخرى مثل المتحكمات المنطقية المبرمجة (Programmable Logical Controls) (PLC) أو الحاسبات الآلية بغرض البيانات مثل أوامر السرعة (speed command's) فإن التداخل المنطقى يكون جزء آخر من جهد خفض التشويش. يتم التصميم بحيث يعالج التشويش الخارجى بعزل المدخل عن المخرج. فمثلاً للتداخلات النظيرية، يتم تجهيز مسارات مغلقة للتيار من ٤ إلى ٢٠ مللى أمبير تعطى بعض المناعة للتشويش بالتقارن (Coupled noise).

يوحد مدير السرعة جهد المصدر (AC)، والذى نادراً ما ينظم جهد المخرج (DC) حيث أن العاكس يلازمه المقدرة على التنظيم. خلال انحدار الجهد (sag)، فإن العاكس يستمر فى إنتاج جهد وتردد المخرج الصحيحين، ويعوض جهد DC المنخفض. ولكن عند عودة جهد المدخل، يحدث زيادة سريعة فى الجهد محاولاً إعادة جهد قضبان DC للمستوى السابق. تحتاج الزيادة السريعة فى الجهد المطلوب إلى مرحلة تيار كبيرة للموحد والتى سوف تسبب انحدار جهد ثانوى للأجهزة الأخرى المتصلة على نفس المصدر. بالإضافة إلى أن التغير فى جهد قضبان DC يكون نموذجياً أسرع من امكانية تجهيز المبدل. والنتيجة زيادة جهد (وسرعة) المحرك.

عند حدوث جهود عابرة أو مرتفعة، فإن جهد DC للمدير يرتفع بدون ضوابط، ولكن يحدد فقط عن طريق الأحمال المتصلة على عاكس المدير. عند تحميل العاكس بأحمال خفيفة أثناء زمن الجهود العارمة، فإن قضبان DC تتعدى جهد تشغيل الأمان للوحدة، ويمكن أن توقف، وتفصل العملية التى يتحكم فيها. من أحد فوائد مدير السرعة أنه يسمح بالتشغيل الاقتصادى لنظم

المحركات عند انخفاض القدرة المطلوبة، حتى خلال فترة انخفاض القدرة، يكون مدير السرعة الأكثر تأثراً بالجهود العابرة للشبكة الكهربائية.

خلال انحدارات الجهد المستمرة لزمن طويل نسبياً، أو الانقطاع الكلى، فإن مدير السرعة يشحن بسرعة مكثفات قضبان الجهد المستمر، وتسبب دائرة حماية المبدل فى انفصاله. وعلى ذلك يظل المحرك فى الدوران السريع، عن طريق القصور الذاتى الميكانيكى. إذا أعيدت التغذية، فإن مدير السرعة سيكون له المقدرة على دوران المحرك، وإعادته إلى سرعته مع فصل قليل جداً للعمليات بقدر الإمكان. الاختبارات الحقيقية لعدد من مديرات السرعة لإظهار العجز (deficiency) عندما يدار المدير آلياً منحدراً (ramps) من الصفر، أو أقل سرعة فتكون النتيجة كبح (braking) المحرك، وفصل أكثر للعمليات. وعلى الرغم من أن الانقطاعات غير مرغوبة لاضطرابات جودة التغذية، فإنها حقيقة موجودة فى تشغيل الشبكات الكهربائية، ما عدا فى حالة محيط جودة التغذية (power quality park setting) ، وتحتاج المديرات إلى تصميم خاص لمعالجة هذه الاضطرابات فى التغذية الكهربائية.

تصمم مديرات السرعة باحتواءها على مفاعلات خطية (line reactors) [والتى تسمى أحياناً مرشح خافق Filter choke] . هذه المفاعلات تقلل تيارات الذروة العالية المسحوبة للموحدات كذلك تعتبر حاجز (buffer) للحد من التيارات العابرة. من التصميمات البديلة لموحدات المدير استخدام تحكم للطور (phase control) ، بحيث يحتوى على موحد تيار سيلكونى محكوم (SCRs) بدلاً من الديودات (diodes). باختصار، يسمح SCRs لجهد قضبان DC للتحكم فيه من دورة إلى أخرى، بضبط التغير فى جهد المدخل. إذا زود تصميم عاكس (inverter) بتخفيض بطئ من جهد قضبان DC، هذا يسمح للمدير أن يعمل بنجاح خلال حالات التعتيم الجزئى (brown - out) ، ويزود جهود الانحدارات والارتفاعات بالزيادة التدريجية وتقليل جهد القضبان DC للتغلب على فصل

العاكس والتحكم فى العمليات. لايتناول موحد تحكم الطور (phase controlled rectifier) بعض اضطرابات جودة التغذية الكهربائية، ولكن يتغلب عليها عن طريق تصميم آخر.

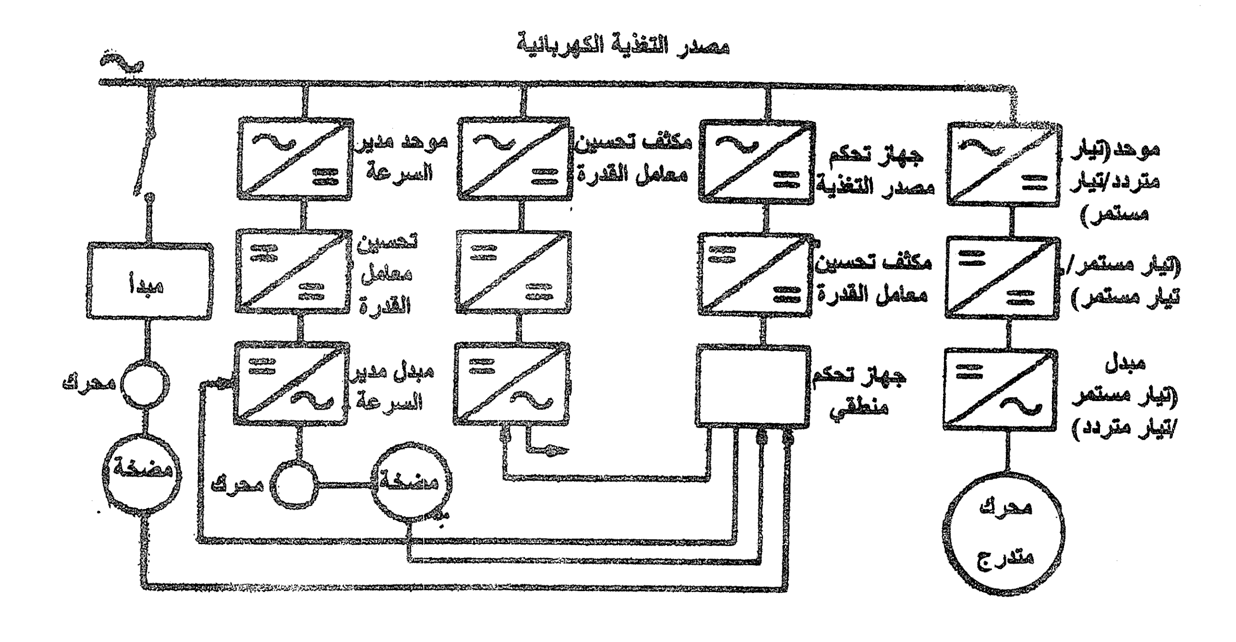
خصائص التصميم التفصيلي لمعدات الذكاء الاصطناعي (Robotics):

تحتوى معدات الذكاء الاصطناعى على: المحركات ومشغلات التحكم فى السرعة عن طريق بعض أشكال التحكم الآلى.

تستخدم متحكمات المحركات المتدرجة (stepper motor controllers) المشابهة للمستخدمة فى مديرات السرعة القابلة للضبط (ASD)، وكثير من نظم الروبوت تستخدم تركيبة من ASDs والمحركات المتدرجة وتستخدم ملف لولبى (solenoids) للزرجنة (locking) وللكبح (gripping). فعند إمداد الملفات بالطاقة، تسحب كمية كبيرة من التيار لمراحل قصيرة. يعتبر مفتاح التلامس أحد أشكال الملفات والتى يكون الغرض منها تشغيل نقط التلامس الكهربائية. بينما لاتتأثر عملياً الملفات بمشاكل جودة التغذية الكهربائية. إلا الانقطاعات التى تتعدى حوالى دورتين، لأنها تعتبر أحمال غير حساسة، ولكن وجودها وترابطها بأحمال أخرى يمكن أن تحدث المشاكل.

يوضح شكل (٢ – ١١) تمثيل لمكونات الذكاء الاصطناعى لماكينة اللحام.

يحتوى الذكاء الاصطناعى لماكينة اللحام على محرك متدرج لوضع الذراع (يعتبر حمل حساس)، يحتوى مصدر تغذية اللحام على مصدر تيار (supply current) لتخليق قوس اللحام، وعده أجهزة حساسية (تعتبر أحمال حساسة) للتغذية الخلفية لوضع الذراع إلى المتحكم (يعتبر حمل حساس)، وطلمبة مياه خاصة بتغذية المياه المبردة إلى بنسة اللحام (welding head). يمكن أن يكون مصدر اللحام حمل حساس، تستخدم ماكينات اللحام الجديدة موحد – عاكس يشبه فى تصميمه ASD للتحكم فى تيار اللحام أفضل من



شكل (٢-١١) مكونات الذكاء الأصطناعي (روبوت) لماكينة لحام

المحولات التقليدية المستخدمة لتغذية ماكينات اللحام. أيضاً يستخدم التصميم الجديد موحد - عاكس بأجزاء مغناطيسية أصغر من النوع القديم والذى يسمح بتكلفة أقل فى التصنيع.

أمثلة للمعدات المسببة مشاكل جودة التغذية:

تعرف المعدات النظيفة (clean equipment)، من وجهة نظر جودة التغذية، بأنها المعدات التى :

- لا تحتاج لتيارات بداية (starting currents) أو تيارات اندفاعية عالية (inrush currents).
- لا تحتاج لتغيرات كبيرة فى تيار التشغيل للحالات المختلفة.
- تسحب أساساً تيار جيبى (sinusoidal).
- لا تسبب تشوه موجه الجهد.

لايوجد حالياً حمل أو معدة تعتبر من المعدات النظيفة. ولكن توجد معدات أو أجهزة خصائصها قريبة من خصائص المعدات النظيفة مثل اللمبات المتوهجة المحتوية على خافض لشدة الإضاءة [١] (dimmer).

تمثل المحركات التقليدية تحدى أو اعتراض لجودة التغذية فقط خلال بداية التشغيل. حيث تصل تيارات بداية تشغيل المحركات إلى ٦ أو ٧ أمثال تيارات الحمل الكامل للمحرك. أيضاً يكون معامل القدرة منخفض خلال فترة بداية التشغيل والذى يؤدى إلى زيادة هبوط الجهد على الكابلات والمحولات. تمثل المحركات المحملة المستمرة أحد أكثر الأحمال النموذجية من وجهة جودة التغذية حيث توزن المركبات الحثية (inductive) (الموجودة أثناء دوران المحرك) بواسطة المكثفات، وتحتاج هذه المكثفات إلى إمداد بالطاقة ولكن لاتسحب تيار اندفاعى كبير.

---

(١) خافض : ترتيبه تحكم كهربائية أو الكترونية لتغيير شدة إضاءة لمبة كهربائية أو مصدر ضوئى آخر.

أغلب باقى الأحمال، ماعدا المحركات التقليدية واللمبات المتوهجة، تعتبر أحمال غير خطية بدرجات مختلفة. تحتاج اللمبات الفلورسنت ونظم الإضاءة بالتفريغ عالى الشدة (high intensity discharge lighting) إلى محولات قابلة للتشبع (أو كابح تيار ballast) والتى تسحب تيارات مشوهة وغنية بالتوافقيات. وتمثل كابحات التيار الالكترونية أحمال موحد (rectifier load) والتى تسحب تيارات ذروة عالية جداً من مصدر أحادى الوجه.

المعدات ذات موحدات أحادية الطور:

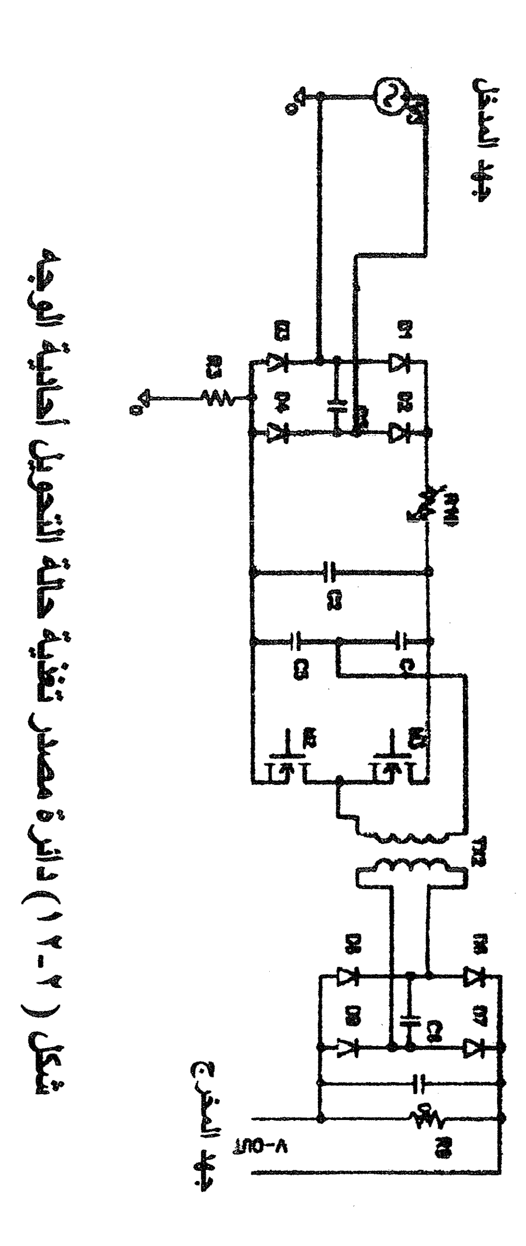
تعمل المعدات الآتية : الحاسبات الآلية الشخصية، وكابحات التيار الالكترونية، والمحركات المتدرجة (stepper motors)، وشاحنات البطاريات الصغيرة، ومصادر التغذية الصغيرة .. من مصادر أحادية الطور، عادة ١٢٠ أو ٢٢٠ ڤولت. مع الأخذ فى الاعتبار حجم ووزن وتكلفة أغلب هذه المعدات فإن كل هذه المعدات تحتوى على تكنولوجيا حالة التحويل (switch mode) . يوضح شكل (٢ – ١٢) مصدر تغذية حالة التحويل. لتخفيض تكلفة هذه الدائرة، فإنها لاتحتوى على ملف لتقليل قيمة تيار الذروة.

يحد التيار الاندفاعى للمكثف باستخدام جهاز بوليمرى[(١)] (Polymeric device) والذى له مقاومة عالية عند درجات الحرارة المنخفضة. ونتيجة الحد من تيار المكثفات تقل المقاومة وبالتالى ينخفض الفقد الحرارى وعندئذ تسمح بالتشغيل العادى للموحد. ولكن لايمكن لعنصر حد التيار الاندفاعى أن يقلل ذروة التيار (current peak).

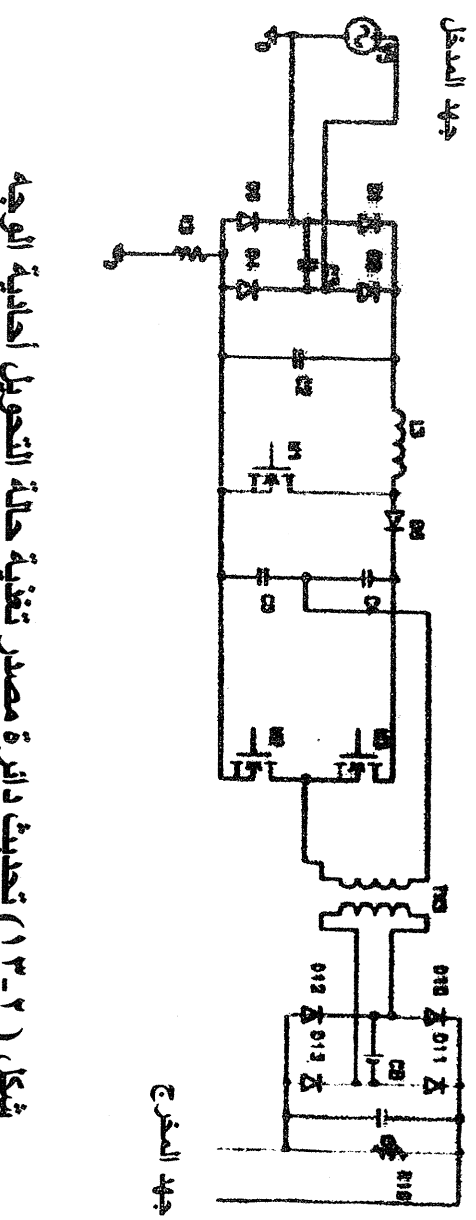
يوضح شكل (٢ – ١٣) تحديث لمصدر تغذية حالة التحويل أحادى الطور، مزودة بمرحلة إضافية لعنصر حد التيار الاندفاعى والتى يطلق عليها مرحلة جودة التغذية (power quality stage). وتتكون من : مكثف صغير، ملف محاثه تردد عالى، موحد قدرة، مفتاح من أشباه الموصلات (semiconductor

---

(١) بوليمرى : مؤلف من عدة أجزاء متماثلة.



شكل (٢-١٢) دائرة مصدر تغذية حالة التحويل أحادية الوجه



شكل (٢-٣١) تحديث دائرة مصدر تغذية حالة التحويل أحادية الوجه

(switch، دائرة تحكم والتى تكون مسئولة عن تزامن (synchronized) جهد المدخل. بعد زيادة جهد البداية، فإن المفتاح سوف يقفل لعدة مللى ثانية ويمر تيار صغير فى ملف المحاثة. عندما يفتح المفتاح ينعكس الجهد على ملف المحاثه، ويتحول التيار إلى مكثف مرشح كبير. ثم يقفل المفتاح مرة ثانية ولكن لفترة زمنية أطول قليلاً ويزيد التيار فى ملف المحاثه. تزيد فترات قفل المفتاح حتى يصل الجهد إلى قيمة الذروة، وعندئذ تقل تدريجياً فترات زمن قفل المفتاح للتيار المنعكس إلى مدخل التغذية والتى تبدو جيبية.

تستخدم مكثفات تحسين معامل القدرة بنجاح للمعدات ذات القدرات الصغيرة أحادية الطور حتى قدرة ١٠ حصان (أو ٧ كيلووات). للقدرات الأعلى، تصبح المعدات ثلاثية الأطوار. وتستخدم مديرات السرعة (ASDs) ثلاثية الأطوار المحتوية على ثلاثة مكثفات تحسين معامل القدرة وثلاثة عاكسات (inverters) وجميعها تركب خارج المحرك، والتى تحتاج إلى مكثفات مرشح أكبر (Filter capacitors)، وبالتالى يصبح التيار التموجى[(١)] (ripple current) أعلى، أى يلزم قدرات أعلى لأجهزة العاكس. لذلك تكون التكلفة أعلى. كذلك يحتاج إلى تكلفة لاستخدام قنطرة مزدوجة للموحد ثلاثى الأطوار بغرض تقليل التوافقيات الكلية إلى القيمة العادية ١٢٪. ويلزم تركيب محول عزل (isolation transformer) بقدرة كاملة مع قنطرة التوحيد المزدوجة ولكن يستخدم محول معزز[(٢)] (buck - boost transformer) لإزاحة الطور، يكون هذا أكثر فاعلية، ويقلل تكلفة المحول لمستوى أقل من المطلوب عند الاحتياج لتركيب مفاعلات سلبية (passive inductors) مع قنطرة أحادية. كما هو موضح فى شكل (٢ - ١٤).

---

(١) تيار تموجى : فى موحد التيار، هى المركبة المترددة للتيار الموحد الاتجاه عندما تكون صغيرة بالمقارنة بالتيار المستمر.

(٢) محول معزز : وسيلة تنظيم الجهد فى الشبكات الكهربائية؛ توصل عند بداية خط التغذية، وتعمل على رفع أو خفض الجهد بقدر معين لتظل قيمته ثابتة مع تغيرات الحمل.

شكل (٢-١٤) تمثيل محول معزز مع عدد ٢ قنطرة موحدات مزدوجة

باستخدام SCRs بأجهزة القدرة فيجب تنظيم الجهد وهذا يؤدى إلى تكلفة أعلى ولكنه يمنع حدوث الجهود العارمة spikes وانحدارات الجهد sags . لمعدات القدرة المرتفعة، تستخدم نفس الفكرة ولكن باستعمال عدد ٤ قنطرة توحيد ومحولات معززة بنقط تقسيم (tapped) ، فعلياً نحصل على موحد ذى قدرة عالية جيبية.

تكلفة مديرات السرعة ASD:

توجد عدة مؤشرات عند الاهتمام بوحدات مديرات السرعة ASDs مثل التشوه فى موجه الجهد الناتج عنها عند قضبان القدرة والتى تسبب مشاكل لبعض المعدات المتصلة معها على نفس القضبان. ويكون سعر مدير السرعة لمحرك ٥٠ حصان مبلغ ٨٠٠٠ دولار، ولمحرك ٥٠٠ حصان مبلغ ٥٥٠٠٠ دولار.

أحمال النبضات

Pulsing Loads

انتشر حديثاً فى أغلب الصناعات استخدام نظم البرمجة (Computerization) . حيث تعتمد جميع الاستخدامات على الحاسبات الآلية والميكروبروسيسور مثل محطات البنزين، أجهزة التصوير الطبى، الأجهزة المنزلية، نظم التشغيل الأوتوماتى (automation) . نتيجة النمو السريع فى استخدام هذه المعدات أصبح ضرورياً التفكير فى استخدام أجهزة تكييف للقدرة (power conditioning devices) لحماية هذه الأحمال الحساسة الجديدة.

ماذا تعني الأحمال الحساسة قديماً ؟:

قديماً، عندما استخدم الكمبيوتر كانت أغلب المعدات الالكترونية لمكوناته ومساعداته تحتاج إلى حجرة كاملة ومغذاه بالكهرباء لمدة ٢٤ ساعة فى اليوم. وكانت تتكون المعدات الحساسة من أحمال خطية (linear) أو مفاتيح تغذية المصدر (switching power supplies)، وأحمال محركات صغيرة [مشغل الأقراص (disk drive) ، ومحرك الشريط (tape drive) ، طابعات (printers) ، ومراقبات تليفزيونية (video monitors) ....] . وكان بروفيل الحمل مستقر جداً، وفى حدود تغيير بسيط فى القدرة للفترات خلال أيام الأسبوع وأسابيع العمل. كان التغير فى الحمل، نتيجة تشغيل المعدات، فى حدود ٥ - ١٠٪ من الحمل الكلى مثل حالة تشغيل (فصل / توصيل) المحركات. للمعدات والأجهزة والمكونات الجديدة زادت القدرة الكلية، وأصبحت توقف عن العمل فترات الليل ونهاية الأسبوع مسببة استمرار طلب الحمل لمدى طويل يوضح شكل (٢ - ١٥) بروفيل الحمل (kilowatt demand) لحمل حساس من النوع القديم.

ماذا تعني الأحمال الحساسة اليوم ؟:

أصبحت اليوم تستخدم الأحمال الحساسة (sensitive loads) فى الكمبيوترات، الالكترونيات، مشغل الأقراص، وأغلب الأجهزة ... وعلى ذلك،

الآن، تجمع هذه الأجزاء مشكلة مكونات كبيرة والتى تعمل بوظائف أخرى. وأصبح الكمبيوتر لايحتاج إلى غرفة مستقلة ولكن أصبح متواجداً فى مكاتب المصانع والشركات والمعامل الكيميائية و ......

والنتيجة أن أصبحت المعدات الالكترونية الحساسة غالباً تتغذى من نفس مصدر الكهرباء مع الأحمال الأخرى ، كذلك أصبحت معدات العمليات ذات القدرة العالية يتحكم فيها من خلال الكمبيوترات.

غالباً تصنع معدات القدرة العالية (high power equipment) من أحمال متقطعة (intermittent) أو أحمال نبضات (pulsing loads) يسحب كل حمل قدرة بطريقة مختلفة عن الكمبيوترات والنظم الالكترونية القديمة. استمرت الأحمال الالكترونية فى الاستقرار ولكن أحمال الكمبيوتر أصبحت أقل قدرة (kw) عن الكمبيوترات المماثلة لها والمصنعة قديماً. هذه الأحمال ذات النبضات لها مكونات شائعة والتى تحتاج إلى اعتبارات خاصة عند تصميم النظم الكهربائية الخاصة بها.

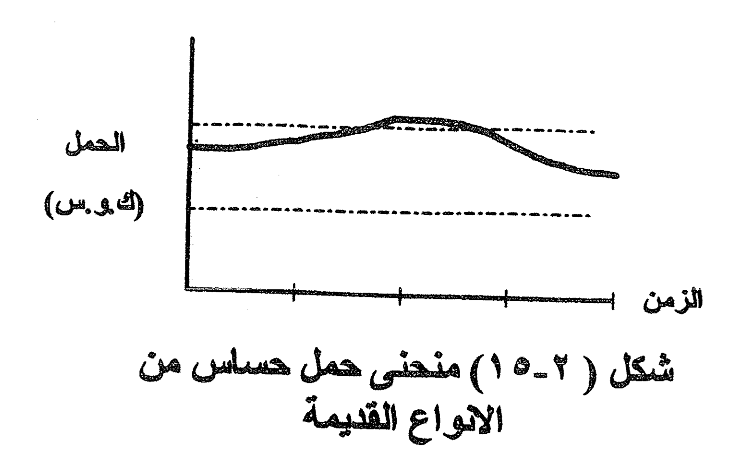
يوضح شكل (٢ – ١٦) منحنى الحمل لحمل حساس حديث.

تتكون العمليات المحتوية على أحمال حساسة حديثة من أعداد من الأجهزة الالكترونية أو الكهروميكانيكية والتى تسحب قدرة صغيرة ذات نبضات (pulses) أو بروزات (bursts).

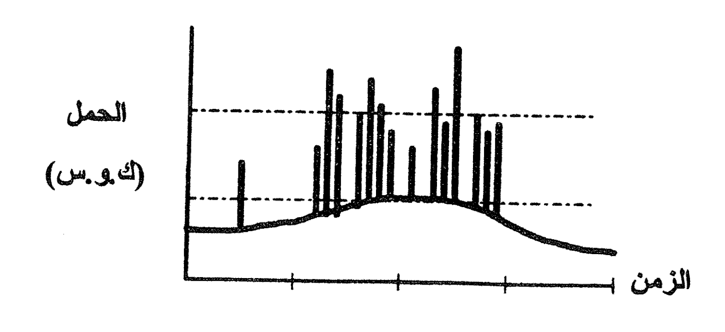
من الأحمال النموذجية المحتوية على نبضات:

* أحمال SCR المتحكمة فى الزاوية لتحكمات درجة الحرارة أو الجهد أو السرعة.
* أحمال SCR ذات المفاتيح للتحكم السريع فى الفصل والتوصيل.
* أحمال مصدر التغذية المحتوية على مفاتيح كبيرة.
* كونتاكتور أو متممات التحكم فى الفصل والتوصيل.

أحمال التشغيل هذه يمكن أن تكون أكثر شدة تبعاً للعوامل التالية :



شكل (٢-١٥) منحنى حمل حساس من الانواع القديمة



شكل (٢-١٦) منحنى حمل حساس من الانواع الحديثة

* التيار الاندفاعى السعوى عند بداية التشغيل.

* عدم استخدام البدايات السلسة

* الترشيح غير الكافى (inadequate filtering)

* التشغيل المستمر (فصل / توصيل) خلال العمل اليومى

مشاكل الأحمال ذات النبضات:

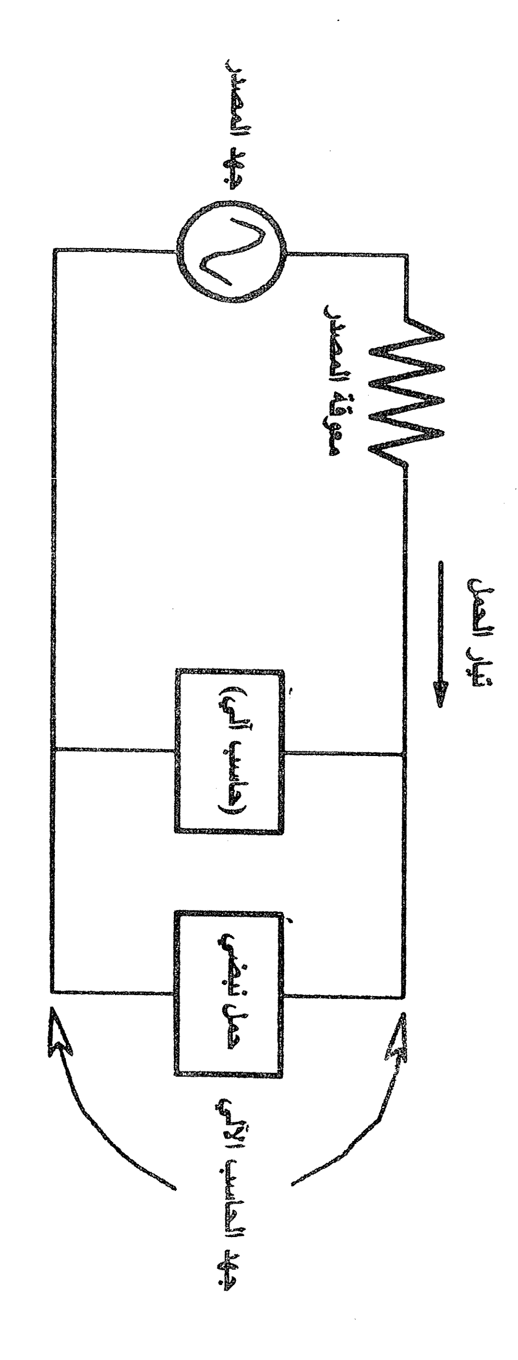
إذا كان النظام الكهربى المغذى لمعدة أو جهاز حساس مثالى، فإن الأحمال ذات النبضات لاتؤدى إلى مشكلة للمصممين أو للنظم الكهربائية. يوصف المصدر الكهربى المثالى (ideal) بأنه مصدر ذى معاوقة صغيرة جداً (extremely low source impedance) . لمعاوقة المصدر ذى صفر أوم، فإن الجهد الظاهر عند الحمل الحساس سوف يساوى جهد المصدر بصرف النظر عن وجود الحمل. وعلى ذلك، فى الحقيقة، فإن الجهد، عند طرفى الحمل الحساس ، يهبط (drop) أو ينحدر (sag) متناسباً مع الحمل.

يحدث الحمل النبضى مصدر تداخل مع المكونات الحساسة فى النظام. كل زمن يعمل فيه الحمل النبضى، يرتفع هبوط الجهد بين طرفى معاوقة المصدر. يمكن حدوث مشاكل جودة التغذية كالآتى:

- انحدارات (sags) ، نتيجة التيارات الاندفاعية (inrush current) أو التشغيل العادى للحمل النبضى.
- التشوه بالتوافقيات (Harmonic distortion) إذا كان الحمل النبضى غير جيبى (non - sinusoidal).
- النبضات العابرة (Transient impulses) نتيجة فصل وتوصيل الحمل النبضى ونتيجة العناصر الحثية لمعاوقة المصدر.

يوضح شكل (٢ – ١٧) تمثيل لمعاوقة المصدر وأحمال عبارة عن حمل نبضى وكمبيوتر.

فى هذه الحالة فإن الجهد الناتج بين طرفى الحمل يخضع للمعادلة :



شكل (٢-١٧) تمثيل لمعاوقة المصدر

جهد الحمل (الكمبيوتر مثلا) = جهد المصدر - [معاوقة المصدر × تيار الحمل]

أفضل تقنية تصميم لتقليل تأثيرات الأحمال النبضية على المكونات الأخرى الحساسة بأن يتم تقليل معاوقة المصدر، ويمكن استخدام كل أو أحد هذه الخبرات:

* استخدم الجهود العالية للموصلات الطويلة.

* استخدام مقاس الموصلات أعلى اعتماد على الطول.

* اختار مكونات ذات معاوقة صغيرة (خاصة المحولات).

تكييفات القدرة المستخدمة مع الأحمال النبضية:

Power Conditioners with Pulsing loads

تكييفات القدرة التقليدية والتى كانت تستخدم للأحمال الحساسة من الأنواع القديمة والتى من خصائصها القدرة المستقرة، أصبحت غير مناسبة للاستعمال مع الأحمال النبضية والموجودة فى المعدات الحساسة الحديثة.

بعض المشاكل يمكن أن تظهر عند استخدام الأنواع القديمة من تكييفات القدرة مثل:

- يجب أن يكون تكييف القدرة ذات قدرة أعلى حتى يمكن الحصول على جهد مصدر مناسب خلال مراحل التحميل.

- يكون لتكييفات القدرة معاوقة زائدة، والتى تؤدى إلى زيادة انحدارات الجهد والتشوه والنبضات خلال تشغيل الحمل النبضى.

- الأجهزة ذات معاوقة مخرج غير خطية (مثل مجموعة تأليف الصوت (أو الصورة)[1] synthesizers ، ونظام UPS ، ومحولات الرنين الحديدى Ferro - resonant transformer) يمكن أن تنهار أو تفصل عند تشغيل حمل نبضى ١٠٠٪.

---

(١) آلة تولد وتعالج الصوت بطريقة آلية. بعض آلات تركيب الصوت تحتوى على معالجات صغيرة تستخدم كأجهزة تحكم. وتصدر آلة تركيب الصوت أصواتاً قريبة الشبه بكلام الإنسان. أما آلة تأليف الموسيقا فتصدر عنها موسيقا.

- تجد بعض أنواع تكييفات القدرة (مثل مفاتيح التقسيم tap - switchers) صعوبة مع الأحمال النبضية، خاصة إذا كان حمل الكمبيوتر المستقر أقل كثيراً من ذروة الحمل النبضى. (مثل معدات التصوير الطبى، حيث يكون التيار المستقر حوالى ٢ أمبير وذروة التيار النموذجي حوالى ٢٠٠ أمبير).

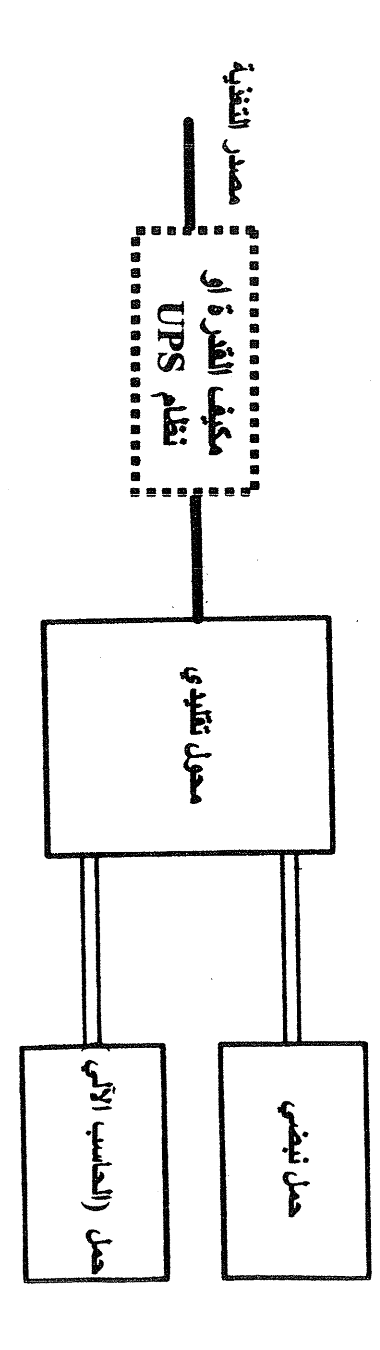
يوضح شكل (٢ – ١٨) تمثيل لتكييف القدرة التقليدى واتصاله بحمل كمبيوتر وآخر نبضى.

توصيات عملية للأحمال النبضية:

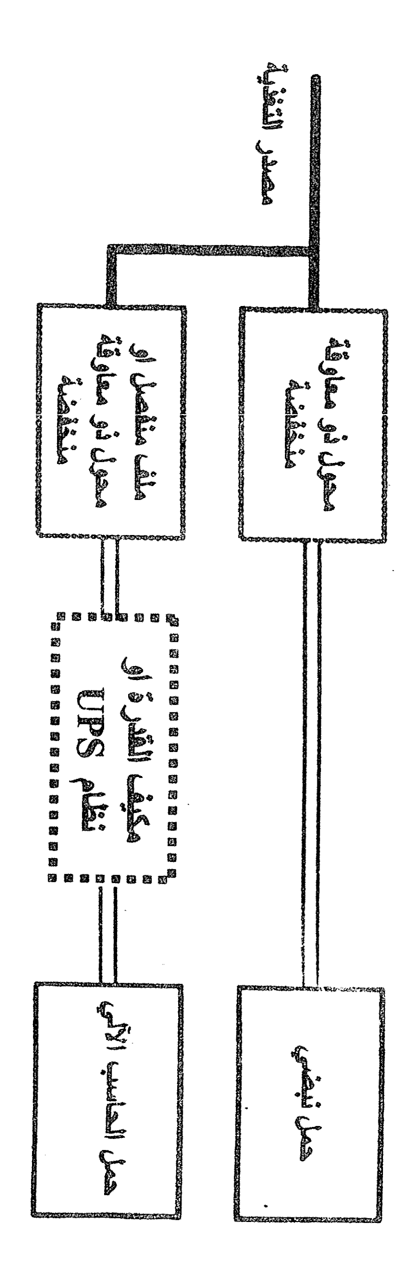
تتحدى الأحمال النبضية مصممى النظم فيما يتعلق بجودة التغذية، حيث أن مشاكل التغذية تكون بسبب النظم الحساسة نفسها. يمكن أن تكون حلول جودة التغذية الشائعة (مثل تكييفات القدرة) مرتفعة التكاليف، أو المقصرة فى العلاج، أو تسبب تصعيد أسوأ للمشكلة. وعلى ذلك، توجد بعض تقنيات التصميم البسيطة التى يمكن أن تقلل مشاكل التغذية الناتجة من الأحمال النبضية. أفضل تقنيات التصميم للأحمال النبضية أن تقلل معاوقة المصدر. بينما يكون مقاس الموصل جزء من معاوقة المصدر، وتكون المشاركة الأكبر مع معاوقة المصدر أى مع المحول فى النظام الكهربى المغذى للحمل الحساس. والنتيجة، يمكن عمل تحسين كبير فى معاوقة المصدر باستخدام محول ذات معاوقة منخفضة أو تكييف للقدرة (١ – ٢٪ معاوقة) بدلاً من محول العزل القياسى (Standard isolation transformers) (ذو المعاوقة ٥ – ٨٪).

يعتبر استخدام محول ذى معاوقة منخفضة بداية جيدة، ولكن أحياناً يحتاج إلى توصيات إضافية. إذا كان حمل الكمبيوتر الحساس والحمل النبضى منفصلين وكل منهما له تغذية من مصدر مستقل فإن هذا الفصل يعتبر مفيداً. استخدام محول منفصل أو ملف محول لكل من الحمل الحساس والحمل النبضى فإن ذلك يقلل تأثيرات المعاوقة، وفى حالة الاحتياج لتركيب تكييفات القدرة (مثلاً تكييف قدرة صغير أو UPS) للحمل الحساس فإنه يكون بتكلفة منخفضة عن تكلفة حماية مدخل النظام.

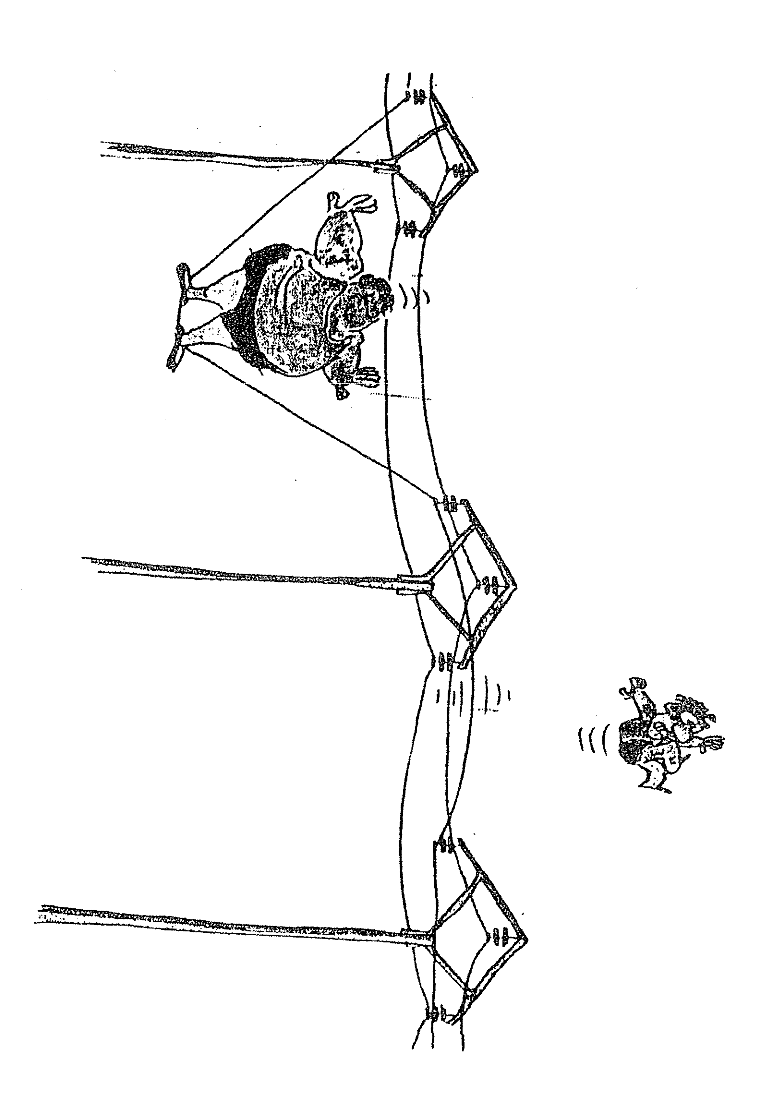
يوضح شكل (٢ – ١٩) تمثيل لتغذية حمل حساس وحمل نبضى (نموذج مثالى).



شكل (٢-١٨) تمثيل تكييف القدرة التقليدي



شكل (٢-١٩) تمثيل تغذية حمل حساس وحمل نبضي (مثال نموذجي)



الباب الثالث
التأريض وجودة التغذية الكهربائية

١ - لماذا يستخدم الأرضي ؟ (Why grounding is used ?):

في انجلترا تستخدم كلمة "earth" .

في أمريكا تستخدم كلمة "ground" .

الغرض من الأرضي:

يوجد ثلاثة أغراض لنظام الأرضى:

أ - الحماية ضد ارتفاع الجهد (Overvoltage protection):

كل من الصواعق، والموجات العابرة على الخط والاتصال غير المقصود بخطوط الجهود العالية تسبب مخاطر الجهود العالية لتوصيلات وأسلاك نظم توزيع الكهرباء. يجهز الأرضى مسار بديل حول نظام الكهرباء لمنزلك أو مكان عملك لتقليل المخاطر التي يمكن حدوثها.

ب - استقرار الجهد Voltage stabilization:

توجد مصادر متعددة للكهرباء. كل محول يمكن اعتباره مصدر مستقل. في حالة عدم وجود نقطة مرجع مشترك (common reference point) لكل هذه المصادر الكهربائية، عندئذ يكون من الصعب جداً حساب علاقة كل منهم بالآخر. تكون الأرض غالباً هي سطح الموصل الموجود في كل مكان في جميع الأوقات، والذي يتم في بدايات نظم توزيع الكهرباء ويكون أقرب للمواصفات القياسية للنظم الكهربائية.

جـ - مسار تيار ليسهل تشغيل أجهزة الحماية ضد زيادة التيار:

Current path in order to facilitate the operation of overcurrent devices

يعتبر هذا الغرض أهم غرض للأرضى. تجهز نظم الأرضى مستوى معين من الأمان للأشخاص والأشياء فى حالة إنهيار المعدات.

تشغيل الأرضي في شبكات توزيع الكهرباء:

الغرض الرئيسى من استخدام الأرضى فى شبكات توزيع الكهرباء هو الأمان (safety) : عندما تكون جميع الأجزاء المعدنية للأجهزة الكهربائية مؤرضة، فعند حدوث إنهيار عزل داخل الأجهزة فإنه لاتحدث مخاطر جهد لهيكل الأجهزة. ويلامس السلك الحى (الحامل للكهرباء) الهيكل المؤرض وتصبح الدائرة فعلياً قصر (shorted) وينصهر المصهر لحظياً، وتصبح جهود المخاطر بعيدة.

الوظيفة الأساسية للتأريض هى الأمان. لذا تصمم نظم التأريض لكى تجهز أداء الأمان الضرورى. أيضاً للأرضى وظائف أخرى فى بعض التطبيقات ولكن الأمان لايجب أن يكون حل وسط لأية حالة. غالباً يستخدم الأرضى لتجهيز جهد أرضى كمرجع مشترك (common ground reference potential) لجميع الأجهزة ولكن يمكن ألا يكون لنظم الأرضى للمبانى الموجودة أرضى كافى لكل الأجهزة والتى يمكن أن يحدث لها مشاكل لاختلاف جهد الأرضى ومشاكل مسار الأرضى (ground loop) والتى تعتبر أكثر المشاكل شيوعاً فى دوائر الكمبيوتر ونظم السمع / البصر (audio / video).

كيف تحدث الصدمة الكهربائية ؟:

يكون السلك الحامل للتيار (hot) ذى جهد ١٢٠ ڤولت أو ٢٢٠ ڤولت (اعتماداً على الغرض من الاستخدام) بينما باقى الأسلاك إما سلك تعادل (neutral) أو أرضى (ground) عند ملامسة الأشخاص لسلك التعادل فقط لاتحدث أية صدمة كهربائية لأنه ببساطة لايوجد على هذا السلك أى جهد. كذلك عند ملامسة الأشخاص للسلك الحامل للتيار فقط، أيضاً لايحدث أى شئ للأشخاص إلا إذا كان جزء آخر من جسم الشخص يلامس الأرضى. يصبح الشخص كما لو كان مؤرضاً إذا لامس ماسورة مياه، أو ماسورة معدنية، أو سلك التعادل، أو سلك الأرضى، أو وقف حافى القدمين على أرض خرسانية.

بمعنى آخر، لاتحدث الأسلاك مخاطر الصدمة إلا إذا كان الشخص مؤرض، وعلى ذلك فإن السلك الحامل للتيار هو جهد الصدمة الخطر. طبعاً، إذا لامس الشخص السلكين في نفس الوقت، فسوف يصدم كهربياً لأن جسمه اتصل بالكامل بين طرفى الكهرباء "hot" والأرضى "ground".

الجسم المعدني الآمن Metal case safety:

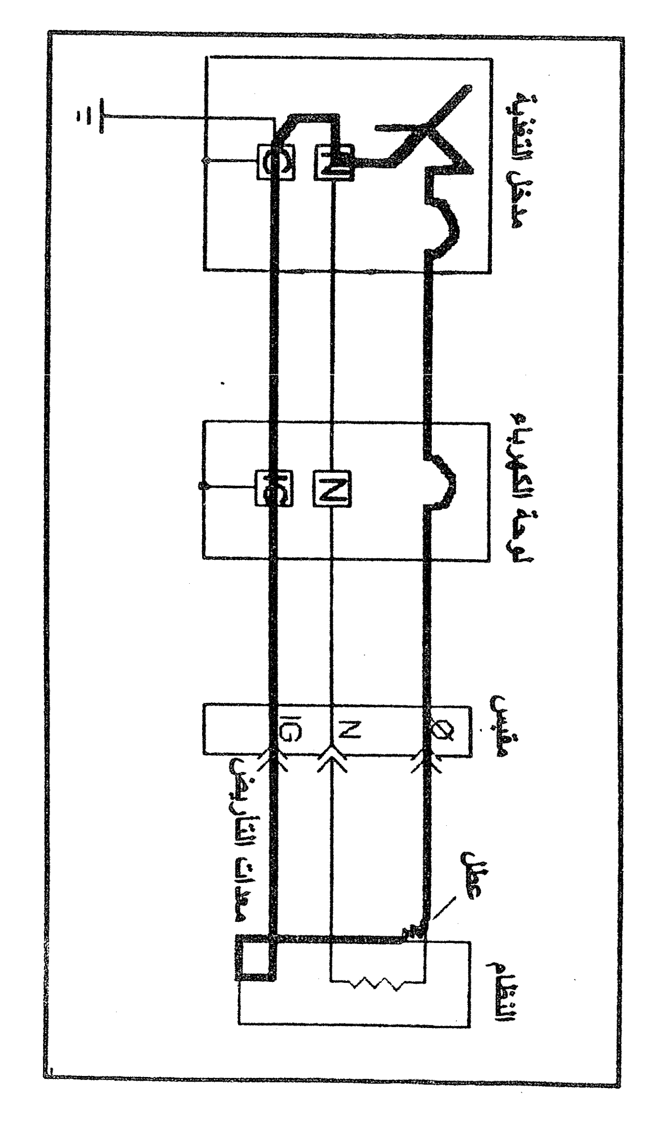
منذ سنوات، كانت الأجهزة والمعدات تجهز بمقبس (plug) والذى كان مقبول من وجهة نظر «الأمان» من مخاطر الصدمات الكهربائية لأن الجسم المعدنى لم يكن يوصل بأية أسلاك فى الكابل (وكان يسمى الحالة الطافية floating case).

أحد مشاكل الأجهزة والمعدات التى لها حالة «جسم المعدن الطاف» (floating metal case) وجود مخاطر الصدمات إذا لامس الجسم طرف السلك الحامل للكهرباء. تسمى هذه الحالة «حالة العطل» (fault condition) والتى يمكن أن تحدث بطرق متعددة بمشاركة أكثر من سبب وتؤدى إلى : إنهيار العزل، وتحرك مكونات الشبكة نتيجة الصدمة أو الاهتزازات التى سببت تلامس طرف السلك الحامل للكهرباء بالجسم.

طبيعياً، إذا حدث لأى سبب أن الجسم أصبح «مكهرب» (live) فإن الشخص الذى يلمسه سوف يصدم كهربياً إذا كان مؤرضاً. إذا كان هذا الجسم «المكهرب» متصل بهيكل آخر أو جهاز عن طريق تسليح الكابل (shield) فإن هذا الهيكل أو الجهاز الآخر سوف يكون «مكهرب» أيضاً. وعليه فإن الغرض من وجود نظم ثلاثية الأطراف أن يجهز مسار أرضى منفصل والذى سيكون فعلياً مسئولاً عن حذف أو التخلص من أية احتمالات للصدمات الكهربائية.

إذا لامس السلك الحامل للكهرباء الجسم المعدنى المؤرض فإنها تمثل حالة قصر كما فى شكل (٣ - ١).

تؤدى حالة القصر إلى مرور تيار عالى جداً فى الدائرة مسبباً انصهار مصهر خلية التوزيع لحظياً. هذا التيار يكون كبير إلى حد ما لأن مقاومة اسلاك شبكة التوزيع الرئيسية تكون صغيرة.



مدخل التغذية
لوحة الكهرباء
مقبس
النظام
عطل
معدات التأريض
N
G

شكل (٣-١)

إن وجود مسار أرضى منفصل يشير مباشرة إلى تكامل جودة الهيكل. عند رفع أو تحرك قطب الأرضى فإن المسار الأرضى المنفصل سوف ينهار مسبباً حدوث حالات القصر والتى تسبب مهالك الصدمات.

التأريض والقابلية للتداخل

Grounding and Interference susceptibility

عند اشتغال المعدات السمعية بدون أن يكون الجسم المعدنى متصل بالأرض (طافى)، عندئذ تحدث أشياء غريبة. عند ظروف معينة فإن المكبر يكون أكثر حساسية لتداخل ترددات اللاسلكى (محطات لقط لاسلكى). أيضاً، بدون أرضى مناسب، فإن المكبرات أحياناً يحدث لها طنين [1] (hum). الحل الوحيد هو إيجاد نقطة أرضى لتوصيلها إلى الهيكل المعدنى. أحياناً يمكن أن يتسبب هذا فى حدوث مشاكل أكثر.

تأريض التوصيلات Grounding in wiring:

تتكون الوصلات الرئيسية الحديثة فى أمريكا من ثلاثة أسلاك منفصلة : أسود وأبيض وأخضر. السلك الأخضر دائماً متصل بمسار أرضى كبير فى القابس (plug) والطرف الثانى للسلك الأخضر متصل فى الهيكل المعدنى للمعدة. يكون السلك الأسود دائماً هو السلك المكهرب (hot wire) والذى عادة يتصل بمفتاح أو مصهر.

بينما يكون السلك الأبيض سلك التعادل أو السلك المشترك. فى أوروبا تختلف الألوان قليلاً. سلك الأرضى يكون أخضر محتوياً على خط أصفر. سلك التعادل يكون أزرق. بينما السلك المكهرب يكون بنى (فى حالة نظام ثلاثى الأطوار يكون لون سلك الطورين الأخرين أسود وأسود يحتوى على خط أبيض).

---

(١) طنين : فى الالكترونيات ، تشويش كهربى تردده يساوى نفس تردد مصدر التغذية بالقدرة أو توافقيات هذا التردد.

التيارات المارة بسلك التأريض Currents in grounding wire:

يجب ألا يمر تيار فى سلك الأرضى إلا فى حالات الأعطال. إذا مر أى تيار فى سلك الأرضى فإن هذا يعنى ظهور اختلاف جهد بين نقط التأريض المختلفة (لأن التيار المار بالسلك يحدث هبوط فى الجهد نتيجة مقاومة السلك). عند وجود سلك منفصل للتأريض فإنه لايمكن التغلب بالكامل على مرور التيار فى أسلاك التأريض. حيث يوجد دائماً بعض من تيار التسرب السعوى (capacitive leakage current) من السلك المكهرب، إلى سلك الأرضى. يحدث هذا التيار السعوى بسبب أن السلك والمحولات ومرشحات التداخل يكون لها جميعاً مكثف بين الأرض والسلك المكهرب تكون كمية هذا التيار منخفضة، (حوالى بين ٠,٦ مللى أمبير – ١٠ مللى أمبير اعتماداً على نوع المعدة) وعليه فهى لاتسبب أية مخاطر أو مشاكل كبيرة. بسبب هذا التيار فإنه يوجد دائماً تيار مار فى سلك التأريض وبالتالى فإن جهود الأرضى للمخارج المختلفة للقدرة لاتكون أبداً متساوية.

يمكن أن يحدث تيار التسرب أنواع أخرى من المشاكل. فى بعض الأماكن يتواجد جهاز الكشف عن الأعطال الأرضية (ground fault detect interrupter)(GFDI) عند تواجد تيار تسريب نتيجة وجود العديد من الأجهزة معاً فإنه يؤدى إلى اشتغال جهاز الأعطال الأرضية والذى بدوره يفصل الدائرة ويعزل مصدر التغذية.

يصمم GFDI لفصل التيار عندما يمر تيار قيمته ٣٠ مللى أمبير أو يحدث اختلاف فى التيار أكبر يمر فى السلك المكهرب وسلك التعادل (الاختلاف فى هذه التيارات يجب أن يمر فى الأرضى). بعض GFDI يمكن أن تفصل التغذية الرئيسية عند ١٥ مللى أمبير تيار تسريب وهذا يعنى أنه إذا تم توصيل عدة كمبيوترات معاً (لكل جهاز من ٠,٥ إلى ٢ مللى أمبير تيار تسريب) من خلال جهاز حماية GFDI فإن هذا الجهاز سوف يفصل مصدر التغذية.

مقاومة سلك الأرضي Ground wire resistance:

فى أوربا ليس المهم قيمة مقاومة التأريض ولكن المهم هو تحديد قيمة أقصى تيار قبل فصل مفاتيح المعدة. إذا كان جهد الأرضى ٢٣٠ ڤولت والأمان ٢٤ ڤولت فإن التيار يجب أن يقل عن ٣٠ مللى أمبير فى الهيكل. فمثلاً لـ ١٦ أمبير و ٢٤ ڤولت تكون المقاومة ١.٥ أوم. هذا يعنى أن أقصى جهد على الهيكل يكون ٢٤ ڤولت حتى عندما يمر كل التيار خلال سلك التأريض. فى الأماكن التى تعتبر ٢٤ ڤولت خطير جداً (مثل المستشفيات) فيجب أن تكون مقاومة الأرضى أصغر للتأكد من عدم وجود جهد خطير على الهيكل. مثلاً فى فنلندا، تكون مقاومة الأرضى لمخارج حجرات التمريض أقل من ٠.٢ أوم حتى يؤكد الأمان.

٢ - توصيلات التأريض Grounding Connections:

أ - أرضي المدخل (Incoming ground)

يكون موصل الأرضى هذا من المغذى الابتدائى للمحول. يمكن أن يكون هذا الموصل أقل من مقاس موصلات الأطوار، ومسموح به من المواصفات القياسية بدون تأثير معاكس لجودة التغذية.

ب - توصيل الهيكل (Chassis connection):

هذه التوصيلة للتأكد من أن هيكل المحول نفسه مؤرض للأمان عند حدوث أعطال كهربائية.

جـ - توصيل الكترود الأرضي (Ground electrode connection)

د - أرضي المعدة (Equipment ground)

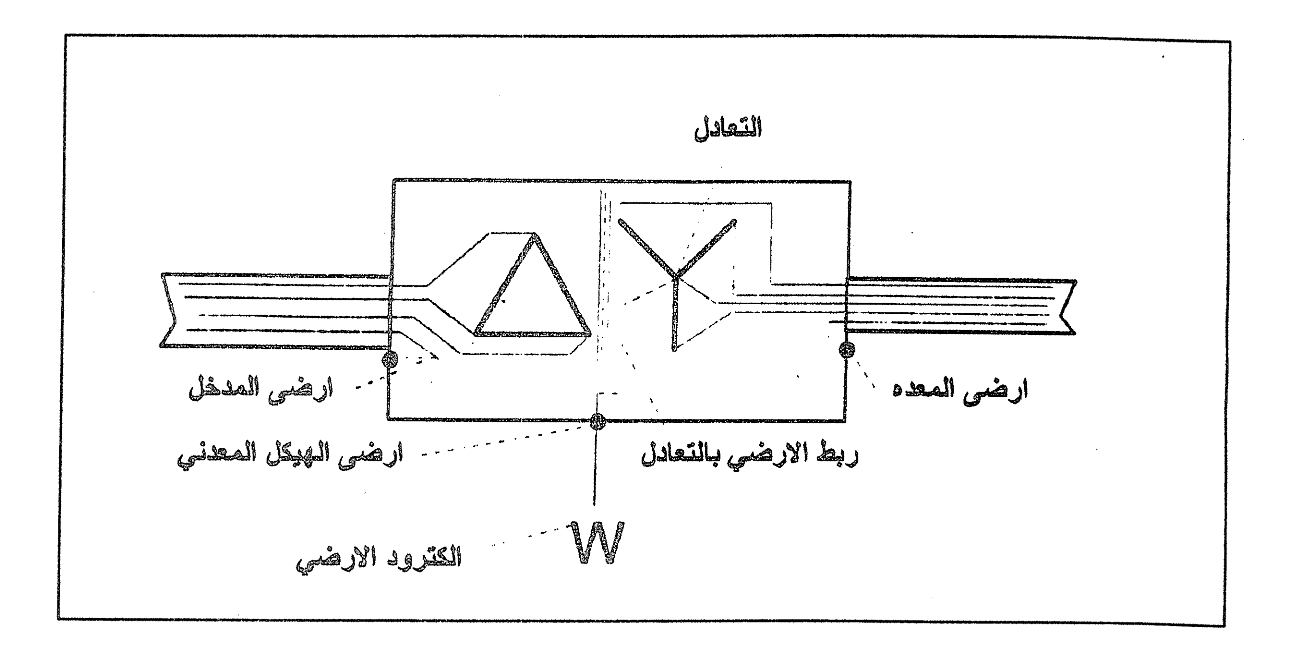
يكون أرضى المخرج أمان ومرجع. يجب عدم تقليل مقاس هذا الأرضى وخاصة عند تغذية المحول لأحمال حساسة.

هـ - تعادل المخرج (output neutral):

يحمل مسار تعادل المخرج التيار، ويكون موصل مؤرض. ويجب عدم تقليل مقاس هذا الموصل وخاصة عند تغذية المحول لأحمال حساسة.

تسمح المواصفات القياسية الأمريكية NEC بربط حاوية أو هيكل الجهاز كأرضى مقبول. وعلى ذلك فإن هذا النوع من التوصيل يمكن أن يكون غير مناسب نتيجة للآتى: مقاومة الدهان وتشطيب الحاوية، وانهيار التوصيلات الميكانيكية، والصدأ، .... والنتيجة، وجود توصيات أكثر تتعدى المطلوب للمواصفات القياسية الأمريكية NEC بالنسبة للأرضى.

يوضح شكل (٣ – ٢) نظام التأريض المقبول كحد أدنى من المواصفات NEC ويفضل عليه النظام الموضح فى شكل (٣ – ٣) والذى يستخدم فيه قضيب أرضى أحادى.



شكل (٣-٢) نظام التأريض المقبول كحد ادنى في المواصفات NEC

شكل (٣-٣) نظام التأريض المفضل للتأكد من ان التأريض بغرض جودة التغذية الكهربائية

٣- إرشادات التأريض (Grounding Guidelines):

الإرشادات التالية للأمان وأرضى جودة التغذية:

١ – أنشأ وحافظ على أن تكون المقاومة منخفضة (نموذجياً ٥ أوم أو أقل) للقضيب الأرضى.

٢ – وصل نقطة تعادل نظام مصدر التغذية إلى موصل الأرضى عند مدخل التغذية (service entrance) ، يجب أيضاً أن توصل هذه النقطة إلى موصل أرضى من خلال وصلة رباط (bonding jumper) . أيضاً وصل موصل الأرضى إلى قطب أرضى المبانى من خلال موصل قطب الأرضى عند مدخل التغذية (service entrance) . كما فى شكل (٣ – ٤).

٣ – كلما أمكن، استخدم دوائر فرعية منفصلة لتغذية المعدات الحساسة.

٤ – لاتستخدم أبداً مواسير كمصدر وحيد لتأريض المعدات الحساسة.

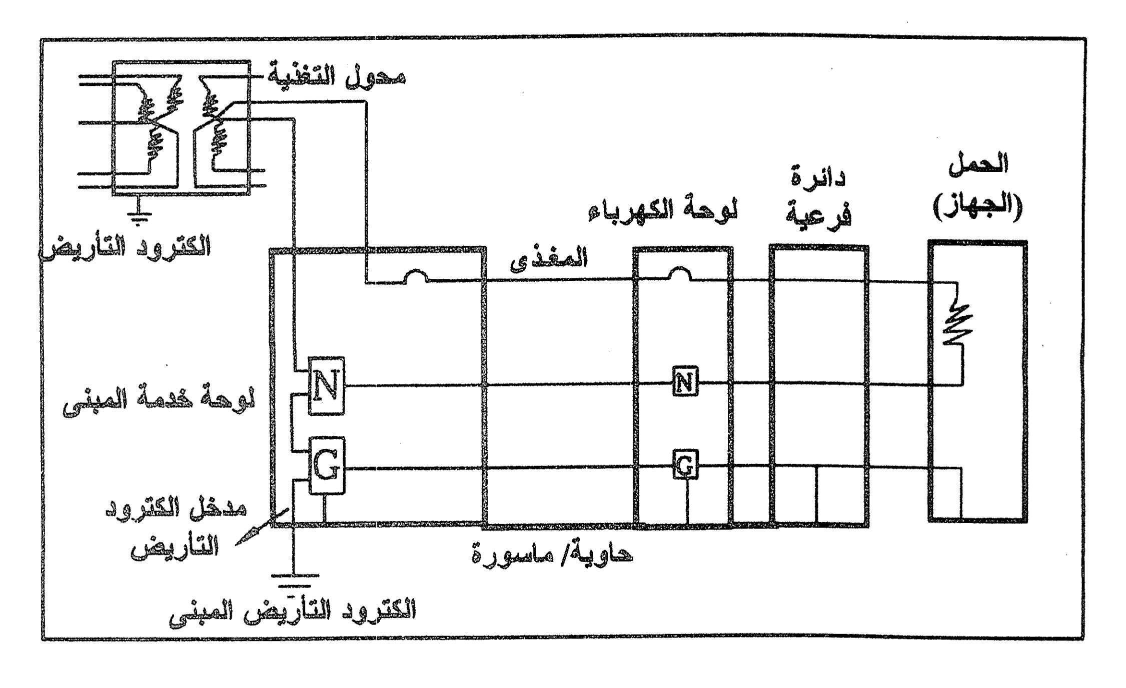
٥ – استخدم السلك الأخضر للتأريض بحيث يكون له نفس مقاس الموصلات الحاملة للتيار. اربط مواسير الدوائر المنفصلة عند الجانبين.

٦ – استخدم حديد صلب الهياكل المعدنية للمبانى (building steel) كمرجع أرضى، كلما أمكن. هذا يجهز مقاومة أرضى منخفضة ممتازة.

٧ – تأكد أن حديد صلب الهياكل المعدنية للمبانى مربوط جيداً وأن العمود الرأسى الرئيسى يكون أرضى متأرض.

٨ – لحجرات الحاسبات الآلية عندما يكون استجابة التردد لنظم الأرضى هامة جداً. انشأ شبكة مرجع للإشارات (signal reference grid) تحت الطابق العلوى أو استخدم الطابق العلوى كشبكة مرجع للإشارات. هذا لايحل محل أرضى الأمان، ولكن تزيد من أمان الأرضى لتخفيض التشويش.

٩ – تجهيز أرضى معزول (isolated ground) للحمل يحسن أداء التشويش للمصدر المغذى للأحمال الحساسة. استخدم مقابس أرضى معزول ذات اللون البرتقالى أو المحتوية على مثلث برتقالى اللون على وجهة المقبس.




شكل (٣-٤) العناصر الاساسية المكونة للنظم الكهربائية المؤرضة

١٠ - للدوائر الفرعية الطويلة، من الصعب الحد من الجهد بين الأرضى ونقطة التعادل. فى هذه الحالة، استخدم نظام منفصل والمحتوى على مرجع أرضى مستقل عن النظم الأخرى. المثال الشائع، هو استخدام محول العزل (isolation transformer) والذى يسمح لنقطة التعادل والأرضى أن يربطا معاً للحصول على مرجع أرضى جديد كما فى الشكل (٣ - ٥).

إرشادات التوصيلات (wiring Guidlines):

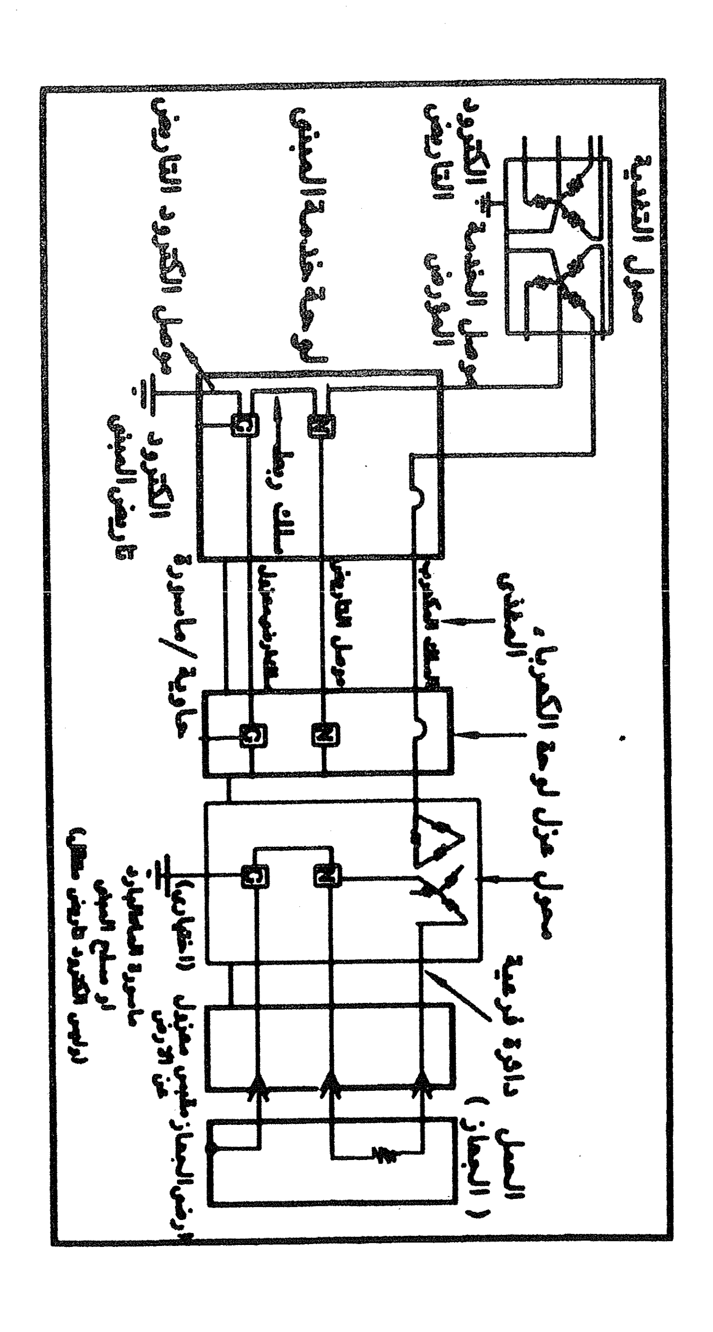
تأكد أولاً من التوصيلات العاطلة أو غير جيدة الرباطات أثناء فحص مدخل التغذية لمشاكل جودة التغذية حيث تنتج التوصيلات غير الجيدة: سخونة، وقوس كهربى، واحتراق المواد العازلة. أيضاً تأكد من مقاسات توصيلات المنشأة وذلك للحد من انخفاض الجهد طبقاً لاحتياجات المعدات.

تسحب الأحمال غير الخطية (non - linear load) تيارات مشوهة بالتوافقيات والتى تحتاج إلى اعتبارات خاصة. تيارات التوافقية الثالثة (Third harmonic currents) الناتجة من الأحمال أحادية الطور تضاف معاً فى مسار التعادل، ولا تلغى بعضها البعض، لذا اهتم اتحاد صناع معدات الكمبيوتر (Computer Business Equipment Manufacturer's Association) بهذه الحالة وأوصى بالآتى:

١ - استخدام موصل تعادل منفصل لكل طور فى النظم ثلاثية الأطوار وذلك لصالح الأحمال غير الخطية أحادية الطور.

٢ - إذا وجب استخدام مسار تعادل مشترك للنظم ثلاثية الأطوار مع أحمال غير خطية أحادية الأطوار، استخدم موصل تعادل له سعة ضعف سعة موصل الطور تقريباً.

٣ - استخدام محولات Δ Y مصممة للأحمال غير الخطية للحد من مخاطر تيارات التعادل العالية. يجب أن تكون هذه المحولات مركبة قريبة بقدر الإمكان من الأحمال غير الخطية.

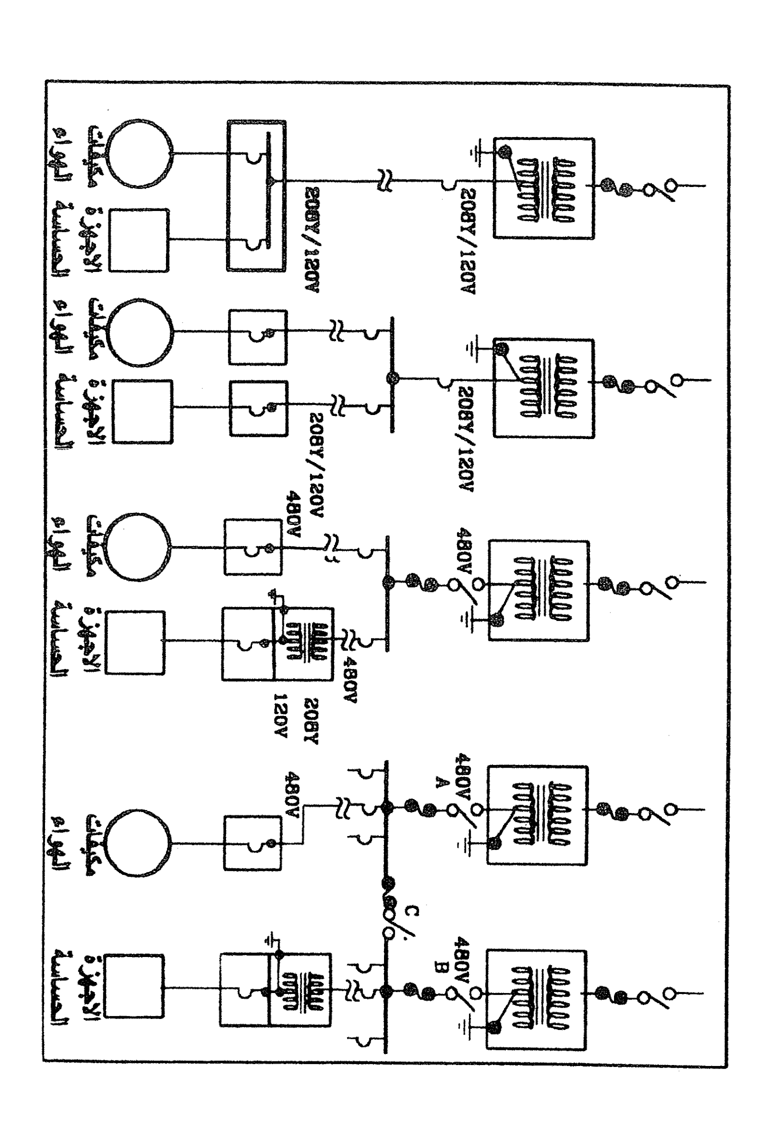


شكل (٣-٥) نظام مؤرض مضاف له محول عزل

٤ – ركب مرشحات عند الأحمال المنفصلة للتحكم فى تيارات التوافقية الثالثة. هذا الحل يعتبر بديل إذا كانت التوصيلات مكلفة.

٥ – استخدم مغذيات منفصلة ودوائر فرعية لتغذية الأحمال الالكترونية الحرجة لكى لايحدث هبوط مشترك مفاجئ فى الجهد والذى ينتج من المعدات غير الالكترونية. يوضح الشكل رقم (٣ – ٦) طرق التوصيل المختلفة والتى تعرض درجات فعالية مختلفة.

إذا كان الجزء الأكبر من الأحمال عبارة عن أحمال غير خطية تغذى من محول تقليدى، فإن المحول الجاف يجب أن يخفض حمله (derated). بالإضافة إلى، أن بعض المصنعين قد صنع محولات ذات العامل - K (k-factor transformer) والتى صممت خصيصاً لخدمة الأحمال غير الخطية.



شكل (٣-٦) الطرق المختلفة لتغذية الأحمال الحساسة وغير الحساسة

٤ - التأريض والرباطات (Grounding / Bonding):

يعتبر التأريض والرباطات هو أساسى العول أو الموثوقية (reliability) للمعدات. يمثل الأرضى أساسى العول لشبكات توزيع القدرة. تسبب مشاكل التأريض والتوصيلات أكثر من ٨٠٪ من مشاكل جودة التغذية الكهربائية.

بدون تأريض ورباطات جيدة، وحماية ضد الصواعق وحلول جودة التغذية الكهربائية لايمكن الوصول إلى النتائج المرجوة. تزيد أهمية التأريض المناسب والتربيطات نتيجة ازدياد تكنولوجيات بيانات الاتصالات والشبكات. بالإضافة إلى أن نظم التأريض تمثل نقطة المرجع [١] (reference point) للميكروبروسيسورات، بعض المنشآت تركب معدات حماية ضد الموجات العارمة (surge protection) والتى تتعرض للانهيار وتتوقف بعد حدوث شرارة الصاعقة (lightning) . وعلى ذلك عادة يحدث الانهيار نتيجة التأريض والرباطات غير الملائمة وغير الموافقة للمواصفات الفنية.

توصيات التأريض (Grounding Recommendations):

قبل إجراء أية انشاءات أو حلول لمشاكل جودة التغذية الكهربائية أو حلول مشاكل إخماد الموجات العارمة، يجب عمل مسح واختبار كامل لنظام تأريض المنشأة تحت الدراسة. يجب أن تكون معاوقة التأريض (impedance grounding) منخفضة. كذلك يجب الكشف على والاختبار السنوى لجميع رباطات التأريض للتأكد من انخفاض المعاوقة. والتأكد من أن نظام اخماد الموجات العارمة سليم ومتصل طبيعياً من خلال مسار معاوقة منخفضة (يلاحظ أن المواصفات القياسية العالمية IEEE std 1100 - 1992 توصى بأن تكون قيمة معاوقة النظام تساوى أو أقل من ٠,٢٥ أوم لتكون كافية لتجهيز مسار معاوقة منخفضة لاخماد التيارات العارمة).

يتم فحص جميع توصيلات نظم الكترودات (electrode) التأريض. حيث أن الرباطات غير الجيدة أو المؤكسدة تزيد معاوقة مسار الأرض.

---

(١) نقطة مرجع تستخدم للمقارنة.

كذلك يتم فحص الرباطات بين الالكترودات للتأكد من عدم وجود اختلاف فى الجهد بينهما. أى اختلاف فى الجهد يمكن أن يحدث جهود عالية بين الكترود الأرض وبين نظام تأريض المنشأة والمسمى «جهد الأرض المنقول» (Transferred earth potential) هذا الاختلاف فى الجهد غالباً ما يؤدى إلى إنهيار لوحات الدائرة المطبوعة [١] (printed circuit boards) خاصة بالمدخل والمخرج (Input / output) والمتصلة بالمعدات المكونة للشبكة. عند وجود أى الكترودين متصلين فعلاً معاً، ضع مقاومة بين نقطتى الربط للالكترودين.

٥ - التأريض المعزول Isolated Grounding:

غالباً، يعتقد أن تأريض الأجهزة الالكترونية الحساسة «كالسحر الأسود»، أحد تكنولوجيات التأريض للأجهزة الالكترونية الحساسة هو التأريض المعزول. يلزم تعريف كل من عزل الأرضى (isolated ground IG) ، تطبيق تكنولوجيا (IG)، ولماذا تستخدم ؟

تداخل الضوضاء[٢] Noise Interference:

يعرف أسلوب الضوضاء الشائع (Common mode noise) بأنه اضطرابات القدرة التى تسبب إزعاج لدوائر التحكم . بمعنى آخر هى أية إشارات غير مرغوب فيها والتى تشاع فى جميع موصلات الدوائر فى نفس الوقت. الصورة الأخرى للضوضاء هى أسلوب الضوضاء العادى (normal mode noise) (والذى يسمى أيضاً بأسلوب الضوضاء التفاضلى أو المستعرض) (transverse or differential mode noise) والتى تعرف بأنها أية إشارات غير مرغوبة وموجودة بين موصلات الدوائر. فى نظم القوى AC ، يعتبر اختلاف الجهد

---

(١) لوحة دائرة مطبوعة : لوحة دائرة مصنوعة وصلاتها الكهربائية من مادة موصلة، أى أنها مشتملة على اللوح نفسه بدلاً من كونها مع أسلاك منفردة.

(٢) – تداخل / تشوش : وجود إشارات غير مرغوب فيها داخل دائرة الكترونية.

– ضوضاء : * أى إنحراف يحدث ليؤثر فى خواص الإشارة كالتغير العشوائى يحدث فى الجهد أو التيار أو التردد.

* خطأ فى البيانات نتيجة خلل فى الدائرة التى تقوم بنقل هذه البيانات.

بين الأرضى (ground) ونقطة التعادل (neutral) أحد أشكال أسلوب الضوضاء الشائع، وعليه فإن أى تغيير فى جهد نقطة التعادل بالنسبة للأرضى تؤثر فى كل جهود موصلات الدائرة إلى الأرض.

من الأشكال المزعجة الأخرى للضوضاء الشائعة وجود اختلافات فى جهود الأراضى للشبكة الكهربائية. عندما تتصل أجهزة الكترونية متعددة بواسطة دوائر تحكم، وكابلات اتصالات أو بيانات، أى اختلاف فى جهود الأرضى بين الأجهزة المتصلة يمثل ضوضاء شائعة لدوائر التحكم، والاتصالات ونقل البيانات. ويكون من الصعب الحفاظ على جهود الأرضى للأجهزة الالكترونية المنتشرة عند نفس الجهد وتحت الظروف المحيطة المناسبة.

وعلى ذلك، يجب تصميم الأجهزة الالكترونية بحيث تتحمل مستوى معين من الضوضاء الشائعة عند اتصالها ببعضها.

كذلك فإن كل من المعدات الآتية تؤثر على مستويات إشارات الضوضاء الشائعة : خامد الموجات العارمة، الأسلاك، تسليح الكابلات، وأراضى المبانى الكهربائية بالإضافة إلى كابلات التحكم والاتصالات ونقل البيانات.

يجب أن تراقب جهود الأرضى للأجهزة لأنها تؤثر فى تشغيل أجهزة الكترونية معينة، ويجب أن يحدد المصممين والمنشآيين، و.... بعض معدات التأريض الخاصة. أغلب تكنولوجيات الأرضى الخاصة تتطور على أساس الاختبارات العملية (التجربة / الخطأ) أكثر من الاعتماد على التحليلات التفصيلية.

من تكنولوجيات الأرضى الخاصة المستخدمة فى نظم شبكات الجهد المنخفض AC لتقليل التداخلات ما يعرف بأنه التأريض المعزول (Isolated grounding) IG وعموماً يكون الغرض من IG تقليل الضوضاء الكهربائية فى دوائر التأريض.

المقابس ذات التأريض المعزول IG Receptacles:

تختلف المقابس (IG) عن المقابس العادية فى نقطتين هامتين ، كما فى شكلى (٣ – ٧)، (٣ – ٨) :

شكل(٣-٨) مقبس (IG)

شكل(٣-٧) مقبس عادى

أولاً : للمقابس (IG)، تعزل أطراف الأرضى كهربياً عن جسم المقبس، والتى بدورها تعزل دوائر أرضى المقبس عن نظام تأريض المواسير المعدنية عندما يركب القابس فى صندوق خارجي معدني. وهو ما يعنى تأريض معزول (isolated ground).

ثانياً : اختلاف مقبس (IG) عن المقبس التقليدى، أن واجهة المقبس تكون ملونة باللون البرتقالى أو عليها مثلث برتقالى اللون. يكون عزل طرف الأرضى عن جسم المقبس مؤشراً للاختلاف كهربائياً، أحياناً يستخدم مقبس (IG) لأنه مميز بالعلامة فقط. فى هذه الحالة، فإن المقبس ذى اللون البرتقالى المضئ يشير إلى أنه مقبس يستخدم على وجه الخصوص للمعدات الالكترونية الحساسة على ألا توصل الأحمال الأخرى الملوثة (dirty) من خلال المقبس (IG).

الغرض الأساسى من التأريض فى شبكات الكهرباء AC هو أمان الأشخاص والمعدات. بينما يكون الغرض الثانوى لتأريض الشبكات الكهربائية للأجهزة الالكترونية الحساسة هو أداء المعدات، أساساً لتقليل الاضطرابات الشائعة. وعلى ذلك يجب الاهتمام بما هو النظام الجيد وهل هو آمن أم لا؟ ويجب أن يكون الهدف من تأريض النظم الالكترونية الحساسة هو الأمان وأداء الأجهزة.

تكون أساسيات تأريض نظم القدرة AC هى الحد من جهود الدوائر، الاستقرار (stabilize)، جهود الدوائر بالنسبة للأرضى، عمل أجهزة الحماية ضد زيادة التيار عند حدوث عطل أرضى. لنظم الشبكات AC المؤرضة مباشرة (solidly) مع الأرض، فإن المواصفات القياسية (NEC) تنص على أن تأرض جميع الهياكل المعدنية للنظم الكهربائية تأريضاً فعالاً (effective grounded) وذلك لتقليل جهود الصدمات الكهربائية (electrical shock potential) ولتسهيل عمل أجهزة الحماية ضد زيادة التيار لعزل الأعطال الأرضية. تعرف المواصفات القياسية (NEC) التأريض الفعال بأنه التأريض ذو المسار الأرضى لأنه:

* يكون دائم ومستمر.

* يتحمل سعة تحميل التيار لمعالجة الجهود الناتجة من تيارات العطل الأرضى.

* له معاوقة منخفضة كافية للسماح بتشغيل أجهزة الحماية ضد زيادة التيار لعزل الأعطال سريعاً.

هذه الإحتياجات تعنى أنه يتم توصيل أرضى دائم لجميع الهياكل المعدنية للنظام الكهربائية ولأية أجزاء من الموصلات والتى يمكن أن يصبح عليها جهد. لتشغيل أجهزة الحماية ضد زيادة التيار لعزل العطل الأرضى، فإنه يجب اتصال هذا الأرضى بنقطة تعادل النظام وهذا ما يوضحه شكل (٣ – ٩).

إذا حدث عطل أرضى عند الحمل، كما فى شكل (٣ – ١٠) فإن نظام الأرضى سوف يجهز مسار أرضى فعال لأن :

١ – الأرضى دائم ومستمر.

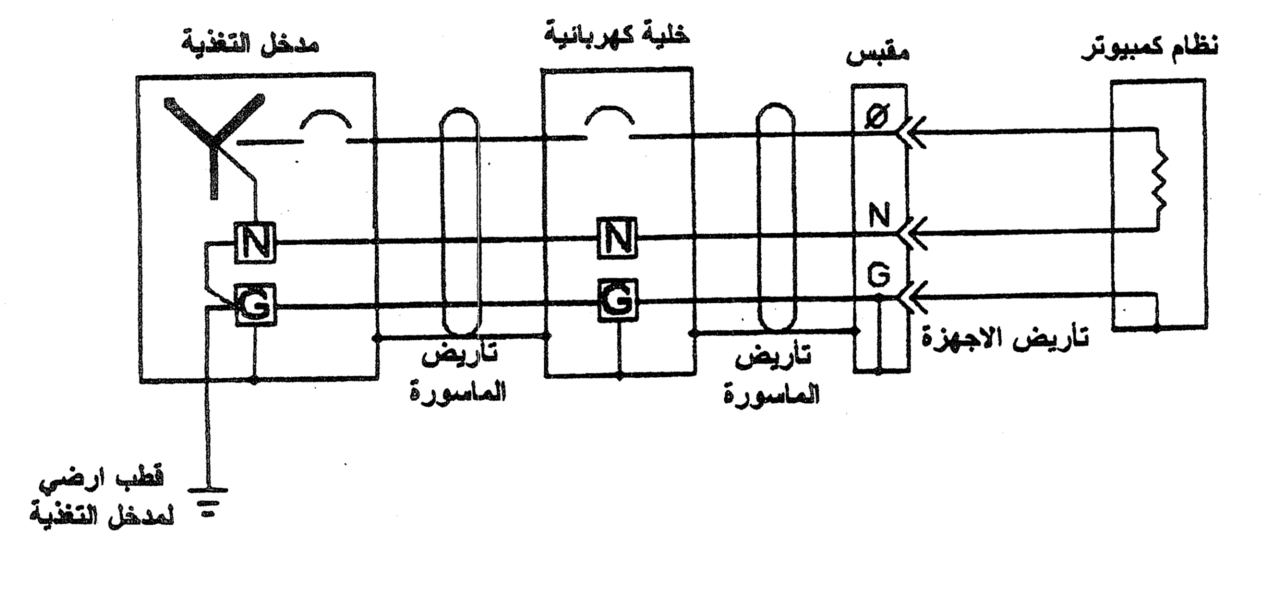
٢ – مقاسات موصلات الأرضى موضوعة تبعاً للمواصفات القياسية أى أنها تتحمل التيارات المارة لمعالجة تيارات العطل الأرضى.

٣ – للأرضى معاوقة منخفضة كافية لمرور التيارات وتشغيل أجهزة الحماية ضد زيادة التيار لعزل العطل سريعاً.

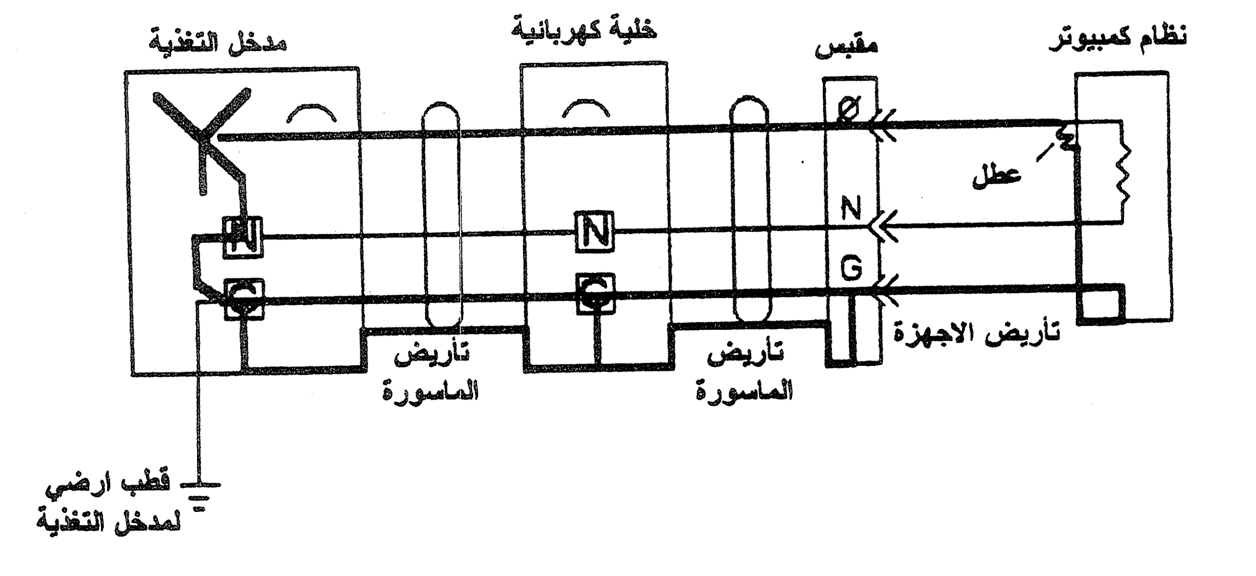
تجربة كايفمان Kaufmann Experiment:

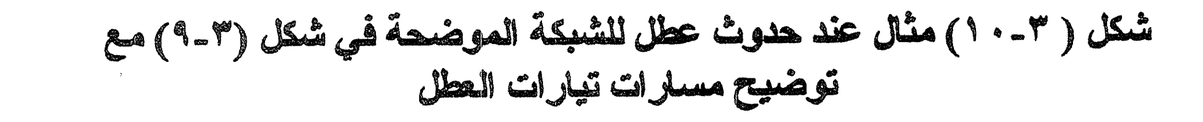
تركز تجربة كايفمان على أهمية مسار موصلات القوى والأرضى فى نفس قنوات الأسلاك الكهربائية فى المبانى (raceway) ويتضح ذلك أساساً فى شكل (٣ – ١١).

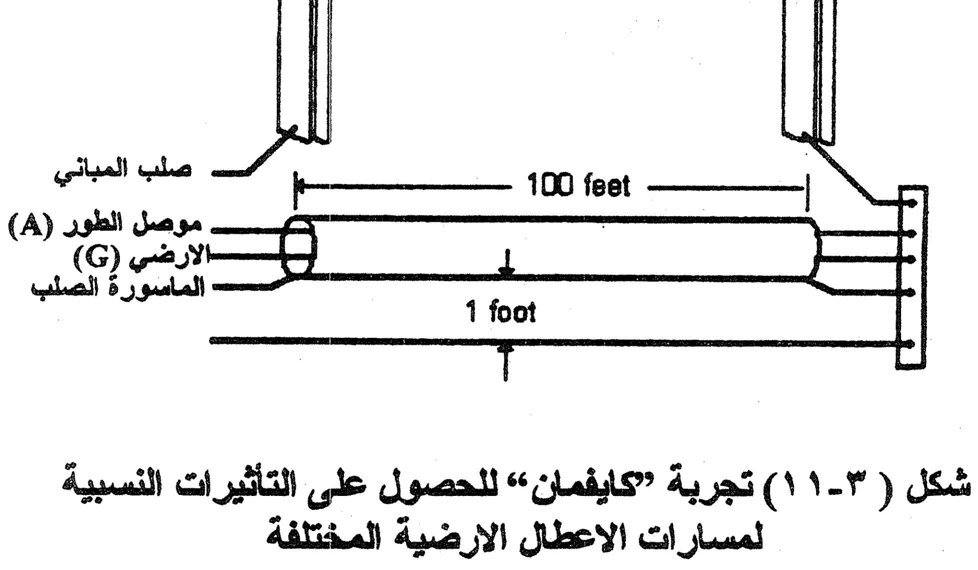
يوصل مصدر الكهرباء بالموصل (phase conductor) ويمكن رجوع التيار بمسارين للأرضى. بمقارنة المعاوقة النسبية (relative impedance) لماسورة من الصلب القوى rigid steel (conduit) بطول ١٠٠ قدم، والمعاوقة النسبية لموصل الأرضى المعزول مقاس 4/0# والموجود خارج الماسورة ، فإن ٩٠٪ من تيار القصر الأرضى سيمر فى الماسورة بينما ١٠٪ فقط يمر فى موصل أرضى



شكل (٣-٩) نظام تغذية نمونجى يحتوى على مقبس عادى وتأريض تقليدى




شكل (٣-١٠) مثال عند حدوث عطل للشبكة الموضحة في شكل (٣-٩) مع توضيح مسارات تيارات العطل



شكل (٣-١١) تجربة "كايفمان" للحصول على التأثيرات النسبية لمسارات الاعطال الارضية المختلفة

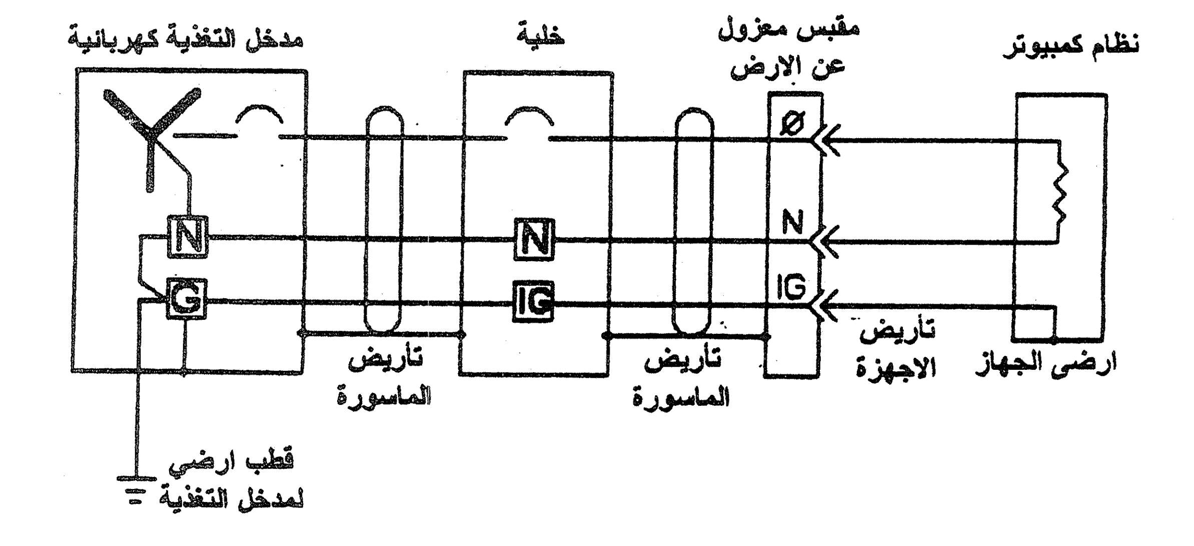
الأجهزة والذى يكون مساره خارج الماسورة. تكون معاوقة الماسورة أصغر ٩ مرات من معاوقة موصل الأرضى المار خارج الماسورة. ولكن عندما يمر موصل أرضى الأجهزة #4/0 مع موصل الكهرباء داخل الماسورة، فإن ٨٠٪ من تيار القصر يمر فى سلك أرضى المعدات بينما يمر فقط ٢٠٪ منه فى الماسورة.

تكون معاوقة موصل أرضى الأجهزة أقل أربع مرات من معاوقة الماسورة. وعلى ذلك فإن التوصية العملية للمعدات الالكترونية الحساسة أن تستخدم موصل معزول لتأريض الأجهزة مساره فى نفس ماسورة موصلات القوى ولا تستخدم المواسير القابلة للتآكل أو التوصيلات غير الجيدة .... لتكملة المقارنة، فإن بمقارنة حديد صلب الهياكل المعدنية للمبانى (building steel) بالمواسير القوية فإن ٩٥٪ من تيار القصر الأرضى يمر فى المواسير بينما ٥٪ فقط يمر فى صلب المبانى.

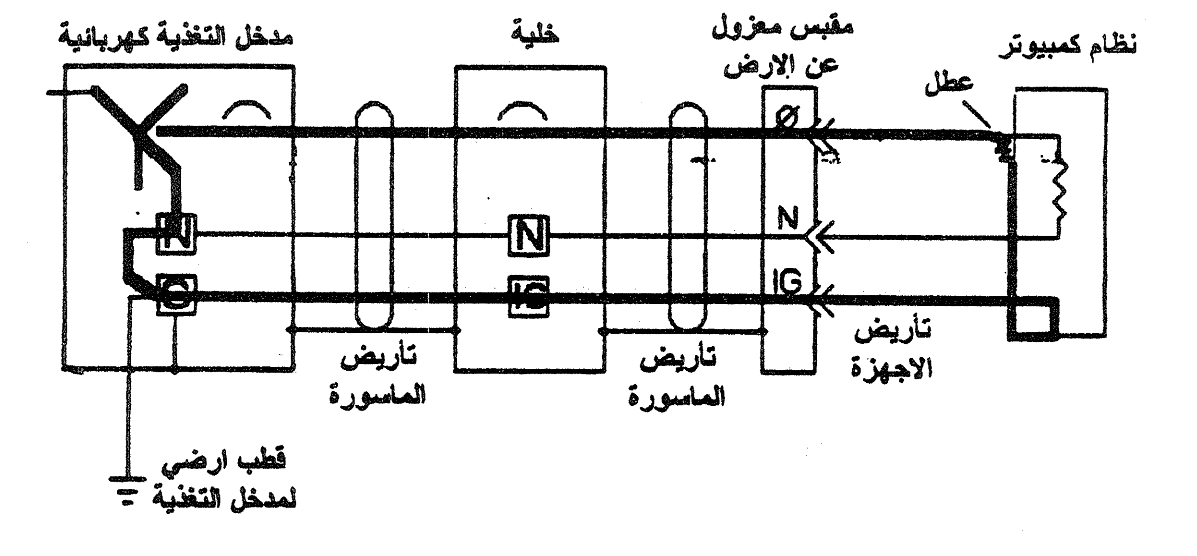
قبل هذه التجربة كان مذكوراً فى المواصفات القياسية الأمريكية NEC أن موصلات الأرضى مسموح أن تكون خارج ماسورة الأسلاك الكهربائية ولكن هذه التجربة أثرت فى المواصفات وتم تغيير الكود إلى أن أصبح مسار موصلات الأرضى مع موصلات القوى فى نفس الماسورة.

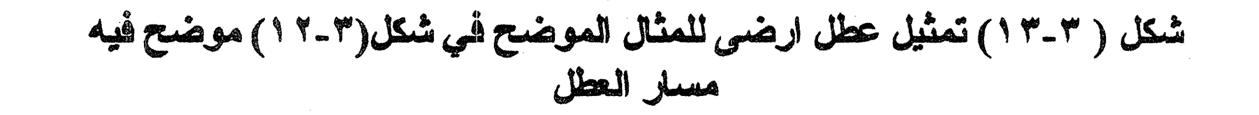
من الأهمية بمكان أن تجهز لموصلات الأرضى المعزول (IG wiring) مسار لتيار الأرضى الفعلى من المعدات الموصلة والعودة لمصدر الكهرباء. شكل (٣ – ١٢)، مثال لنظام قدرة جهد منخفض نموذجي يستخدم مقبس (IG)، والمسموح به طبقاً للمواصفات القياسية NEC . لاحظ أن أطراف الأرضى للمقبس لاتتصل بمواسير نظام الأرضى عند المقبس. يتصل سلك الأرضى المعزول (IG) بطرف أرضى المقبس ويمر فى مسار موصلات القوى من خلال خلية كهرباء أو أكثر (panel board) ، ويظل معزولاً عن معدن الماسورة والهيكل الخارجى لنظام الأرضى حتى يتصل طرفه بنقطة تأريض النظام (عند مدخل الخدمة (service entrance) فى هذا المثال).

إذا حدث عطل أرضى عند الحمل، فإن نظام أرضى IG يجهز مسار لتيار الأرضى الفعلى كما هو واضح فى شكل (٣ – ١٣) يكون موصل IG :



شكل (٣-١٢) نظام تغذية نموذجى بتوصيلات ارضى معزول (IG)




شكل (٣-١٣) تمثيل عطل ارضى للمثال الموضح في شكل(٣-١٢) موضح فيه مسار العطل

* دائم ومستمر.

* يتحمل التيار المار أى يكون مقاسه طبقاً للمواصفات القياسية NEC.

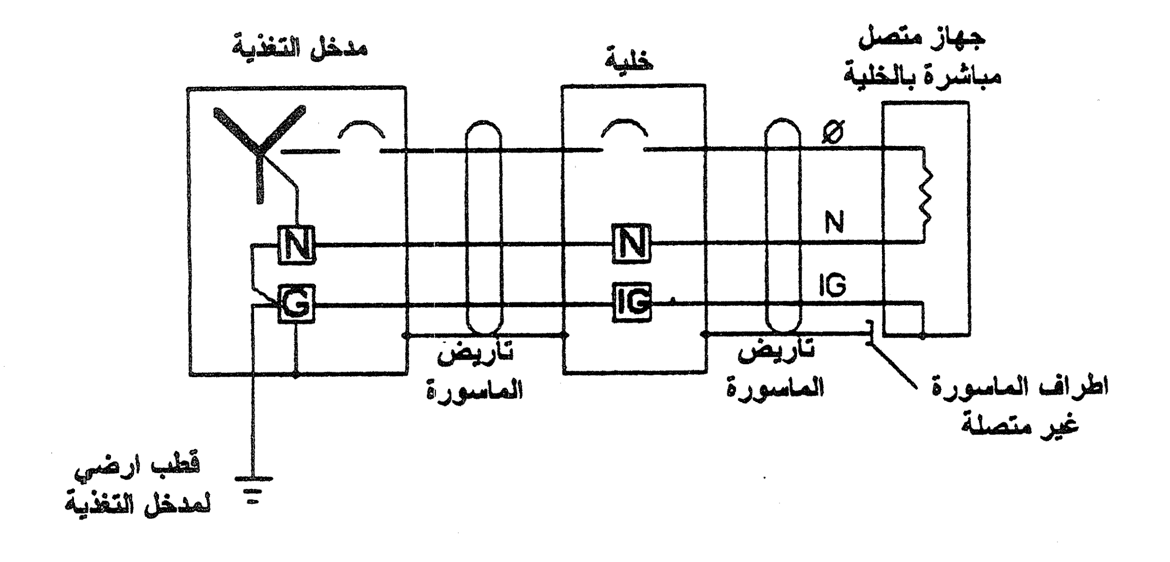
* له مسار معاوقة صغيرة بدرجة كافية ليسمح لجهاز الحماية ضد زيادة الحمل بعزل العطل الأرضى.

تأريض IG (Hardwired IG Grounding):

شكل آخر من توصيلات الأرضى المعزول المسموح به طبقاً للمواصفات NEC (فى المواصفة 75 - 250 NEC). يتم توصيل أجهزة الحمل مباشرة إلى الخلية وليس من خلال مقبس معزول (receptacle IG) ويمكن أيضاً تأريض الأجهزة باستخدام أسلاك معزولة. يوضح شكل (٣ – ١٤) هذا النظام، ويلاحظ فى الشكل أن نهاية الماسورة من جهة الأجهزة تكون معزولة إما باستخدام عازل اختراق غير موصل (non - conductive bushing) أو تجهيز مناسب خاص بنهاية الماسورة.

فى هذه الحالة، يكون أرضى المعدات أو الأجهزة معزول عن جسم الماسورة من جهة معدات الحمل، ولكن يظل مؤرضاً فعلياً للأمان.

ومازالت توجد مناقشات أو مجادلات عما إذا كانت توصيلات IG للمعدات المتصلة مباشرة فعالة لتقليل حالة التشويش المشترك (common mode noise) أو إذا كانت آمنة دائماً. أحد الأفكار هو أن يتم عزل أرضى معدات الأحمال، فإن الجسم المعدنى لمعدات الحمل يجب أيضاً أن يعزل عن الأراضى المحيطة. يمكن أن يسمح هذا العزل بجهود الصواعق (shock potential) أو قوس كهربى جانبى (side flashes) يحدث بين الأراضى المحيطة وجسم المعدات المعزولة خلال حالات معينة عند مرور تيارات أرضى كبيرة.



شكل (٣-١٤) توصيلات ارضى معزول لحالة معدات متصلة مباشرة بالخلية

توصيلات الأرضي المعزول غير السليم وغير الآمن

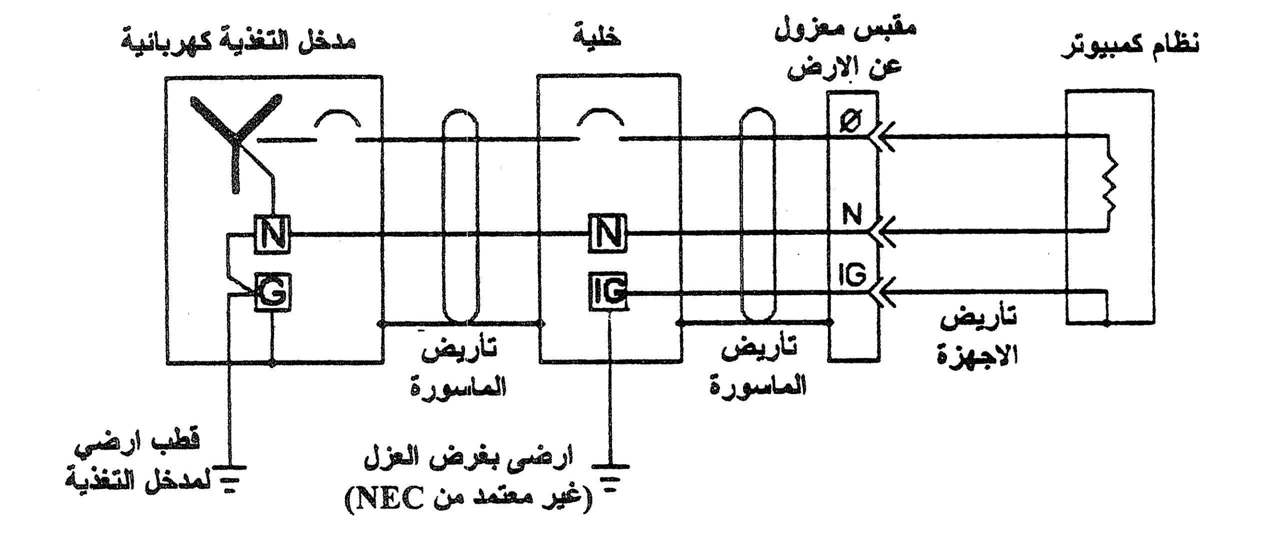
Unsafe and Incorrect IG wiring

أحياناً ، تفسر IG المطلوبة خطأ، وعند التفكير في دوائر الأرضى المعزولة نجد أنها حقيقة معزولة. يوضح شكل (٣ - ١٥) مثال حقيقى لتفسير غير صحيح للـ IG نجد أن طرف الأرضى فى الخلية متصل بألكترود أرضى منفصل. ويكون التفكير أنه للتأكد من وجود أرضى جيد جداً فإنه يتم إضافة هذا الألكترود الأرضى على أمل تجهيز أرضى جيد لبعض النظم الالكترونية الحساسة.

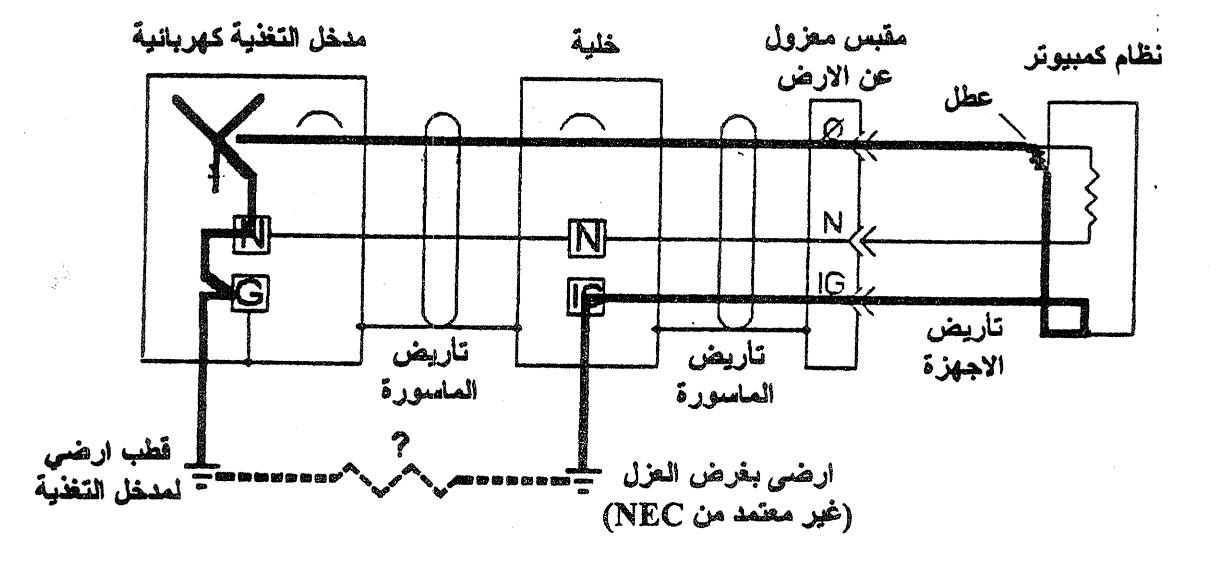
على الرغم من أن التأريض يكون جيد ظاهرياً فى شكل (٣ - ١٥)، إلا أنه لايحقق قواعد الأمان المطلوبة فى نظم الأرضى لأنه لايجهز مسار أرضى فعلى طبقاً للمواصفات NEC والنتيجة أن يكون غير آمن ويسبب حالات خطرة. بفرض حدوث قصر عند أجهزة الحمل، والموضحة فى شكل (٣ - ١٦)، لاحظ أن مسار تيار القصر الفعلى لايكون بين الأرضى المعزول وأرضى النظام. ولايكون معروفاً إذا كان مسار الأرضى بين الكترودين الأرضى ثابت ومستمر أو يتحمل تيار القصر.

بالإضافة إلى ذلك، أكيد أن مسار الأرضى هذا ليس له معاوقة صغيرة بدرجة كافية واللازمة لأن يسمح لجهاز الحماية ضد زيادة الحمل بعزل العطل الأرضى بسرعة وأمان. تكون معاوقة الكترود الأرضى المتصل بالأرض مقاسه بالأوم بينما يجب أن تكون معاوقة مسار العطل الأرضى المطلوبة بالمللى أوم (milli - ohms).

بالإضافة إلى ذلك، أى اختلاف فى الجهد يحدث بين الأراضى المعزولة (الكترود الأرضى المخصص والكترود أرضى مصدر التغذية)، [والذى عادة يكون موجود لأن أحدهما يكون أرضى ساكن والآخر يكون أرضى سئ dirty] يؤدى إلى ظهور جهد الحالة المشتركة (common mode voltage) عند أجهزة الحمل. إن الهدف الطبيعى من عزل IG لتقليل التشويش الكهربى، والنتيجة الحقيقية هى زيادة جهود التشويش للحالة المشتركة عند الأحمال الحساسة.



شكل (٣-١٥) مثال لتفسير توصيلات الارضى غير السليمة وغير الآمنة



شكل (٣-١٦) تمثيل عطل ارضى للمثال الموضح في شكل (٣-١٥) موضح فيه مسار تيار العطل

يظهر بوضوح اختلاف جهود الأرضى عندما تمر تيارات أرضى كبيرة، أثناء الأعطال الأرضية، والصواعق، أو عندما يحدث تفريغ لشحنة صواعق كهربائية فى هذا المكان. النتيجة الشائعة للتوصيلات الخاطئة لـ IG أثناء هذه الحوادث هو إنهيار معدات الأحمال المتصلة بهذه الطريقة.

ملاحظة مؤثرة واحدة فى عمليات التأريض غير الآمن وغير السليم، إن الأجهزة يمكن أن تستمر فى العمل حتى خلال الأرضى غير المناسب وأن أمان المخاطر يمكن أن يحدث فقط تحت مجموعة من الشروط المحددة مثل خلال العطل الأرضى أو خلال الصواعق.

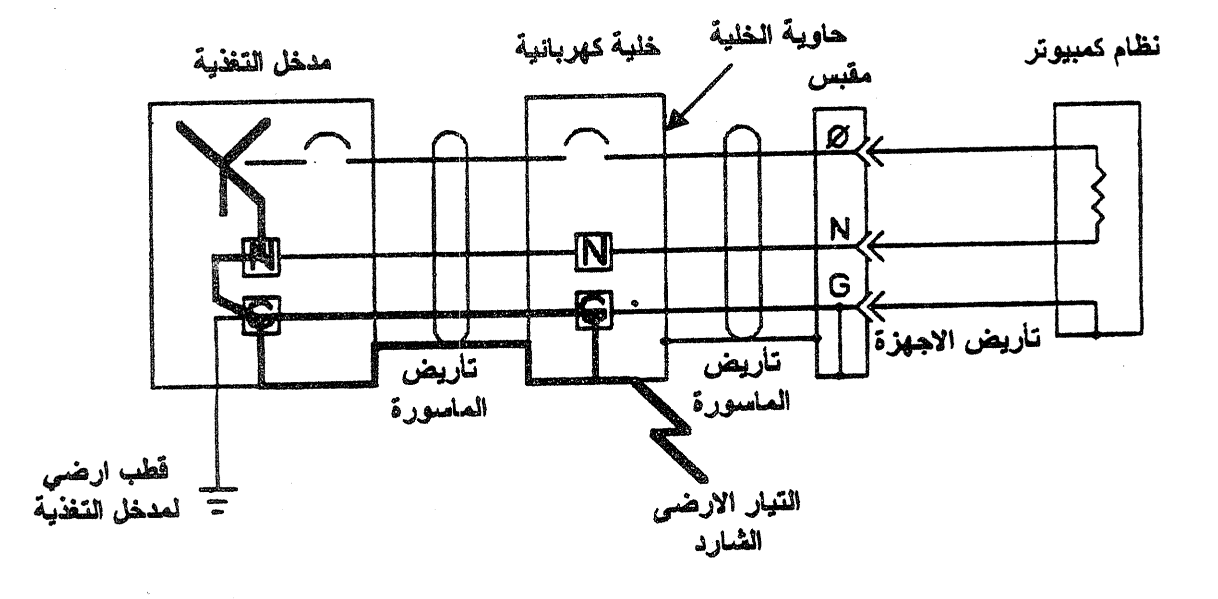
على الرغم من أن اسم أرضى مفصول (معزول) (isolated ground) يشارك فى التفسير الخاطئ لتقنية توصيلات IG وأن الاسم الأفضل يكون أرضى معزول (insulated ground) ، وعليه فإن IG لايكون لعزل الأرضى من الحمل الحساس عن أرضى (مصدر التغذية) النظام، ولكن أيضاً لعزله والتحكم فيه عند عمل توصيلات أرضى مصدر التغذية.

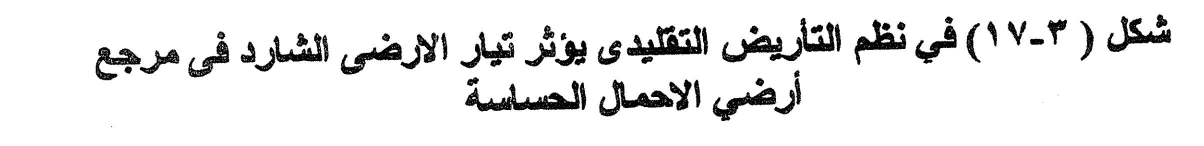
فوائد توصيلات الأرضي المعزول (Benefits of IG wiring):

غالباً، يعوق مهندس الالكترونيات استخدام توصيلات الأرضى المعزولة، الموضحة فى شكل (٣ – ٨) لأنهم يفضلوا عدم عزل مسار أرضى المعدات الالكترونية الحساسة. ويكون التعليق الشائع هو أى فائدة جيدة تحدث عند توصيل IG بأرضى سئ (dirty) لنظام AC والذى يكون مطلوب كأمان؟

وتكون الإجابة، أن الماسورة (enclosure) والهيكل المعدنى للنظام مجهز بتسليح ضد كل من التداخل الكهرومغناطيسى Electromagnetic interference وتداخل الترددات اللاسلكية Radio Frequency interference (EMI / RFI) من النظام وأن موصلات IG ضمن محتوياتها. ولكن هذا فقط جزء من فائدة توصيلات IG . وتكون الفائدة العملية الأكثر أن توصيلات IG تتحكم فى موصلات الأرضى للمعدات الالكترونية الحساسة لتقليل المشاكل الناتجة عن تيارات الأرضى الشاردة (stray ground current).

يوضح شكل (٣ – ١٧) مثال لتوصيف أرضى غير معزول، تمر تيارات الأرضى الشاردة فى نظام الأرضى مسببة تغيير فى جهود الأرضى خلال





شكل (٣-١٧) في نظم التأريض التقليدى يؤثر تيار الارضى الشارد فى مرجع أرضي الاحمال الحساسة

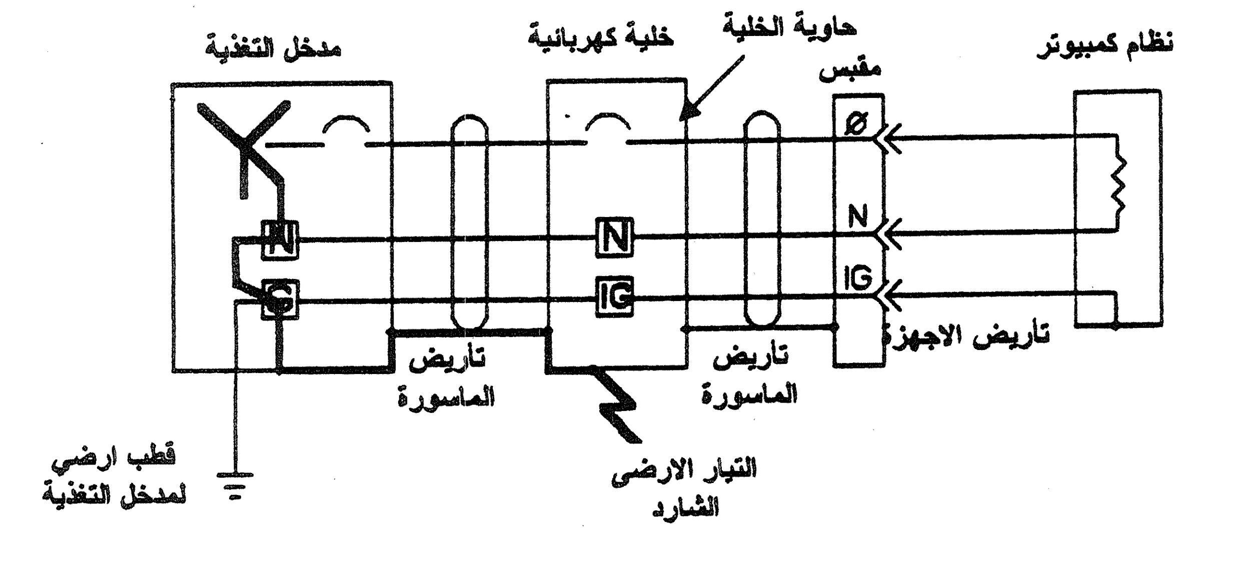
نظام الأرضى. تكون تيارات الأرضى الشاردة حقيقية لنظم القوى الفعلية والموجودة عند حالات متنوعة، أغلبها فعال جداً. يمكن أن تنتج تيارات الأرضى الشاردة من التفريغ الكهروستاتيكى للحاوية، أو من تيارات العطل الأرضى، أو من تيار الأرضى السعوى العابر عند إمداد الحمل بالطاقة.

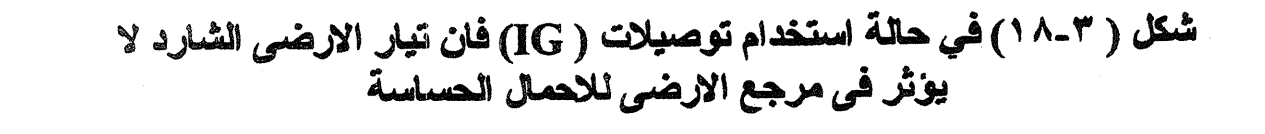
يوضح شكل (٣ – ١٧) أن أى تيار أرضى شارد يسبب زيادة جهد أرضى فى حاوية خلية الكهرباء (panel board) بالنسبة لمرجع أرضى مدخل التغذية الكهربائية. لنظم الأرضى العادية، فإن مرجع أرضى معدات نظم الكمبيوتر منسوباً إلى أرضى النظام أيضاً سيزيد لأن أطراف الأرضى لخلية الكهرباء تكون متصلة بالحاوية وتتغير مثل تغيير جهد أرضى الحاوية.

يبين شكل (٣ – ١٨) البديل لتوصيلة (IG) ، يكون مرجع أرضى المعدات للأحمال الحساسة معزولاً عن الماسورة المعدنية وأرضى الحاوية، تمر تيارات الأرضى الشاردة فى الماسورة وأرضى الحاوية. أى أن تيارات الأرضى الشاردة لاتمر فى توصيلات (IG) وبالتالى لاتؤثر على مرجع أرضى المعدات الالكترونية الحساسة.

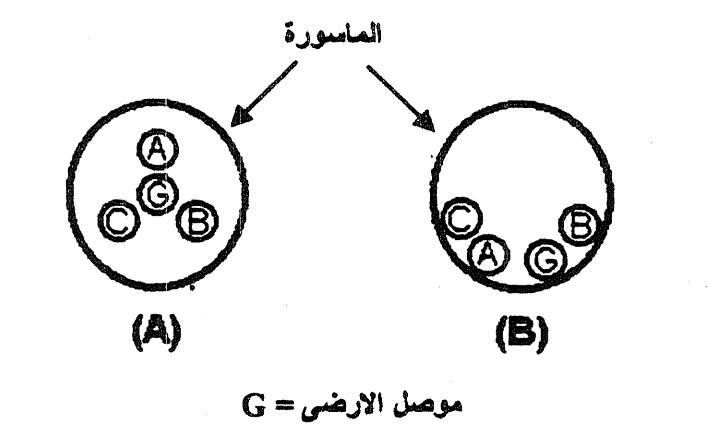
أحد عيوب توصيلات (IG) أنها تستلزم تيارات حادثة (induced current) من موصلات الكهرباء. يؤخذ فى الاعتبار الوضع النسبى لموصل الأرضى (أو IG) بالنسبة لموصلات التغذية داخل مواسير الأسلاك الكهربائية. يوضح شكل (٣ – ١٩) مقطع فى ماسورة لحالتين محتملتين. فى أغلب مواسير الكابلات الكهربائية فى المبانى يكون وضع موصل الأرضى عشوائياً بالنسبة لموصلات التغذية إذا استخدمت موصلات فردية متعددة (بدلاً من الكابلات المصنعة بحيث يكون متحكماً فى الوضع النسبى لموصل الأرضى).

كلما كان موصل الأرضى فى موضع غير متساوى بين موصلات التغذية، فإن المجال المغناطيسى المرافق لمرور التيارات فى موصلات التغذية لايكون متزناً فى موصل الأرضى. النتيجة هى وجود مجال مغناطيسى متردد AC، ينتج تيار إلى موصل الأرضى إذا كان هذا الموصل جزء من المسار الكامل لمرور التيار (مسار أرضى مغلق ground loop).





شكل (٣-١٨) في حالة استخدام توصيلات (IG) فان تيار الارضى الشارد لا يؤثر فى مرجع الارضى للاحمال الحساسة



موصل الارضى = G

موصلات التغذية = A , B , C

شكل (٣-١٩) وضع موصل الارضى بالنسبة لموصلات التغذية داخل الماسورة

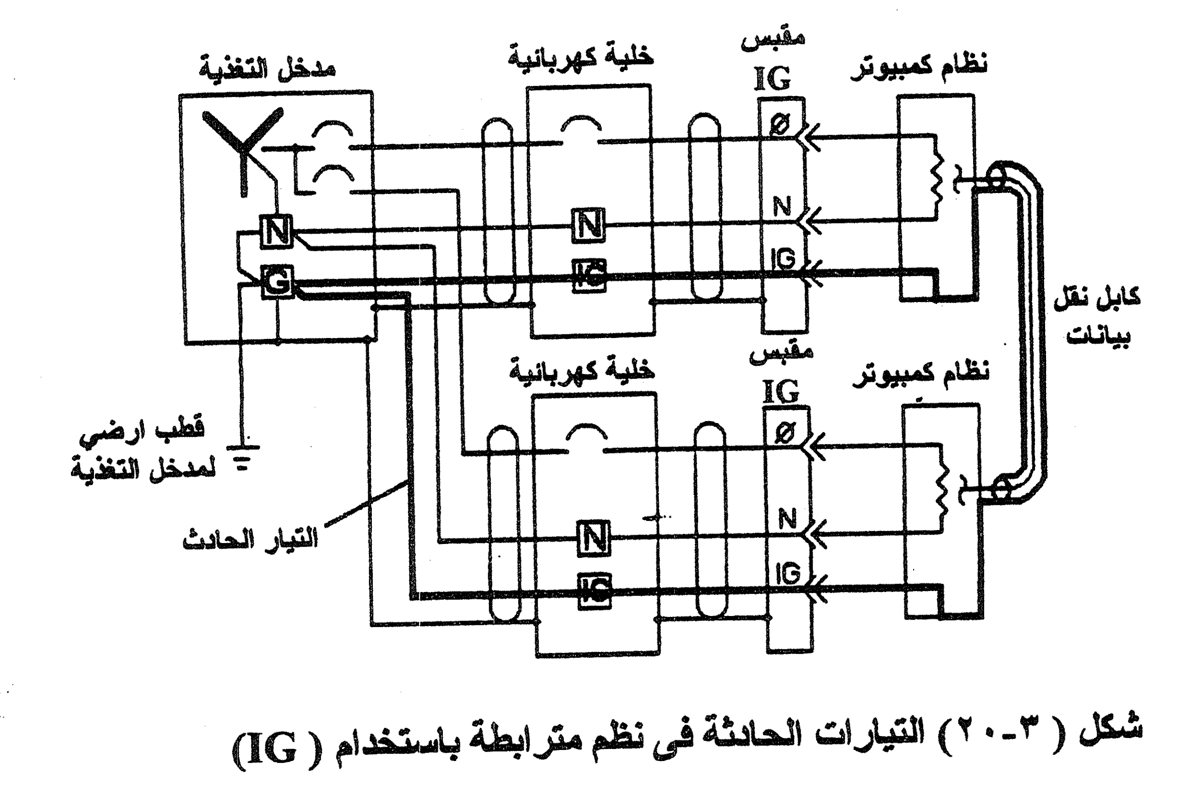
تعتبر دوائر (IG) هى الحل لمشاكل تيار الأرضى الحادث إذا وصل موصل IG بالأرضى من جهة واحدة فقط ولم يشكل مسار كامل والذى يسمح بمرور التيار. يمكن ذلك إذا جهزت مقابس (IG) للمعدات ولاتحتوى على أية توصيلات أخرى إلى أرضى مصدر التغذية. للنظم المتصلة فيما بينها، والتى يمكن أن تحتوى على أكثر من معدة متصلة معاً عن طريق البيانات (data) أو الاتصالات (communication) أو كابلات تحكم (control cables) . يمكن أن يحدث استخدام توصيلات (IG) مشاكل التيار الحادث بصورة أسوأ.

فمثلاً فى شكل (٣ – ٢٠) مثال ربط بين نظامين.

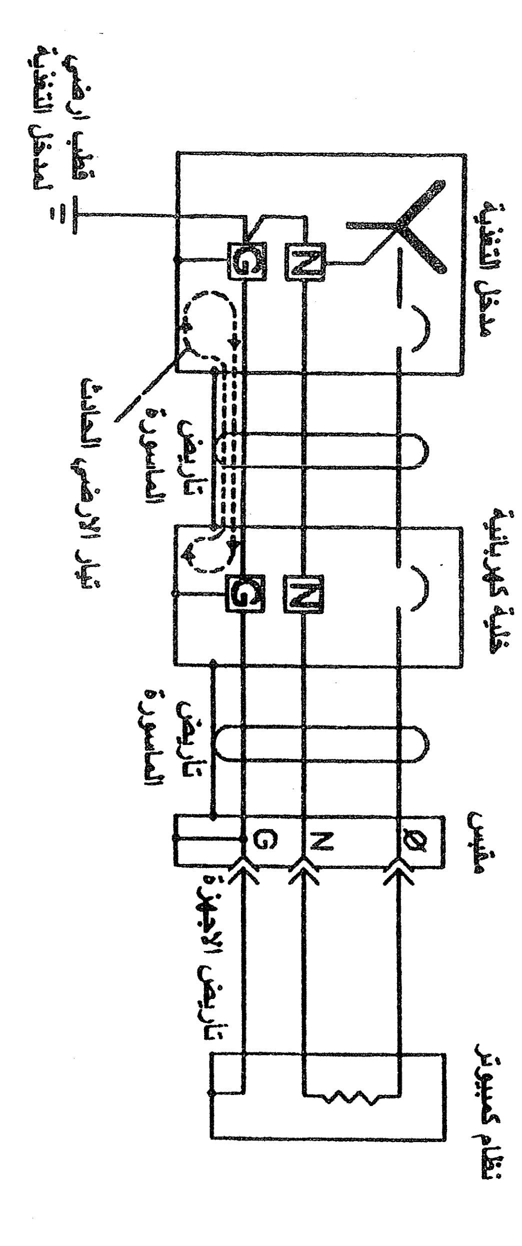
تكمل دائرة التيار الحادث فى موصل IG عن طريق كابل نقل البيانات المتصل بين النظامين (أو عن طريق كابل التحكم أو كابل الاتصالات) . يندفع التيار الحادث عن طريق موصلات التغذية فى كابلات الربط وينتج احتمال كبير لحدوث انهيار للأحمال الحساسة. يؤدى التيار الحادث على كابلات الربط للنظم المرتبطة إلى انتشار تأريض التسليح لكابل الربط عند أحد النهايتين فقط. ولكن هذا التطبيق يمكن أن يمزق المسار المغلق للأرض، ويسمح باحتمال جهود انهيار أو جهود غير آمنة على النظام، خاصة خلال الأعطال الأرضية، أو الصواعق، أو الأحداث العابرة الأخرى.

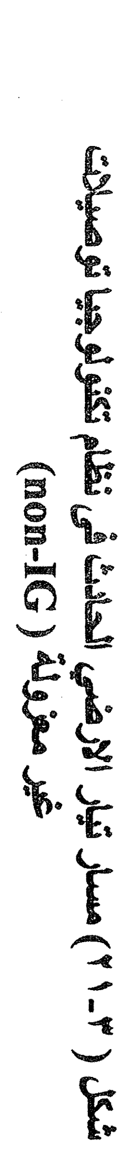
يمكن أن تحدث التيارات الحادثة مشاكل واضطرابات للنظم الالكترونية الحساسة والتى لها إشارات (signals) بكابلات التوصيل ويحدث ذلك بواسطة ترددات النظام (التردد ٥٠ أو ٦٠ هرتز وتوافقيات هذا التردد) . من أمثلة الأجهزة التى يكون لها حساسية لترددات نظم القوى هى : المعدات السمعية (audio)، والمعدات المرئية (video)، ومعالجات الإشارة النظيرية (analog signal processors) .

تكون تكنولوجيات التأريض العادى، التى تستخدم موصل أرضى للمعدات المعزولة موصل إلى كل الحاويات المعدنية، أقل عرضة لمشاكل تيارات الأرضى الحادثة الناتجة من موصلات التغذية، كما فى شكل (٣ – ٢١) ، كلما كان موصل الأرضى المعزول فى مسار مع موصلات التغذية المفردة، فإن



شكل (٣-٢٠) التيارات الحادثة فى نظم مترابطة باستخدام (IG)





شكل (٣-٢١) مسار تيار الأرضي الحادث في نظام تكنولوجيا توصيلات غير معزولة (non-IG)

النتيجة تكون حدوث مجالات مغناطيسية من التيارات الحادثة (فى موصلات القوى) إلى أية مسارات مغلقة لموصلات أرضى معزول. لتكنولوجيات التأريض العادى، تكون المواسير المعدنية متوازية كهربياً مع موصل الأرضى المعزول. تكون النتيجة أن تيار الأرضى الحادث سيمر بدون تتابع عملى فى المواسير وموصل الأرض. يتحول التيار الحادث بعيداً عنه وعادة سوف لايمر فى المسار المغلق ذى المعاوقة الأعلى مثل كابلات بيانات الربط أو كابلات الاتصالات أو كابلات التحكم.

أحياناً تكون تكنولوجيات توصيلات IG مهملة التطبيق. مثلاً عند استخدام مواسير غير معدنية (non - metallic conduit) أو حاوية غير معدنية، ليس بسبب إعاقة نظم المواسير المعدنية، ولكن للأسباب البيئية، مثل البيئة التى تساعد على تآكل المعادن، أو بسبب الدفن المباشر فى الأرض أو فى الأسمنت. ولأن المواسير لاتجهز مسار أرضى فعال، يستخدم موصل أرضى معزول. وتشارك نظم المواسير غير المعدنية بعض خصائص توصيلات IG لو أن لموصلات الأرضى المعزول نموذجياً توصيل واحد فقط إلى أرضى نظام التغذية. لنظم المواسير غير المعدنية أيضاً نفس الاهتمامات بالنسبة لتيارات الأرضى الحادث ولنظم الربط مثل توصيلات IG. يوجد اختلاف متميز لنظم المواسير غير المعدنية عن تكنولوجيات توصيلات IG فإن نظم المواسير غير المعدنية لاتجهز تسليح ضد EMI / RFI لنظم المواسير المعدنية.

٦ - المسارات المغلقة للأرضي (Ground Loops):

مقدمة:

يعتبر المسار المغلق للأرضى أحد أكثر مشاكل الشبكات شيوعاً والتى يصعب فهمها وتشخيصها وعلاجها. تكون جميع المعدات عرضة لهذا النوع من المشاكل : مثل الأجهزة الطبية والمعدات الصناعية وأجهزة معالجة البيانات. تسبب المسارات المغلقة للأرضى ضياع البيانات، إنهيار المكونات، ......، ولذا لايكون غريباً أن يعتبر المسار المغلق للأرضى من أكثر أوائل أبحاث جودة التغذية الكهربائية.

من أين يأتي المسار المغلق للأرضي؟

يجب أن تؤرض جميع المعدات الكهربائية. يعتبر تأريض الشبكة الكهربائية وتأريض المعدات من أهم فلسفات الأمان فى جميع الدول. تنص مواصفات الأمان على أن تؤرض حاويات المعدات والمواسير والأسطح المكشوفة.

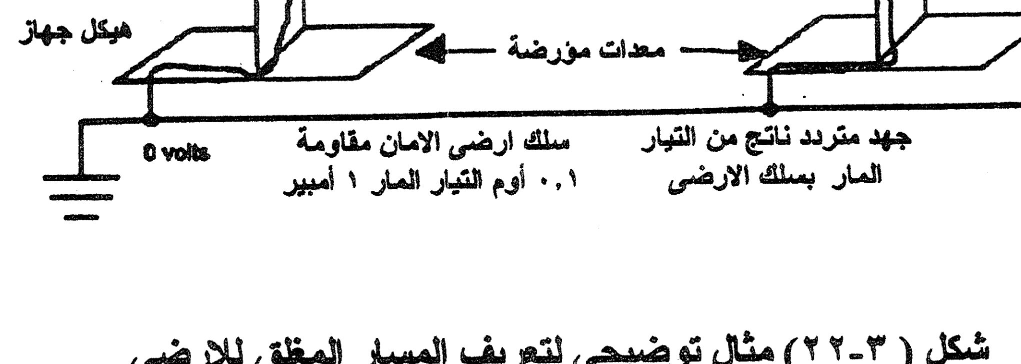
أساساً يستخدم التأريض كأمان وتجنب من الحرائق ومن مخاطر الصدمات الكهربائية. تعتمد أهمية هذه الحماية على تعدد الأراضى المتوفرة. بهذه الطريقة ، إذا حدث أن أحد الأراضى رفع أو تحرك أو فصل، فإنه يضمن وجود مسارات أمان إضافية. هذه الأراضى الزائدة يكون لها التأثير الجانبى غير المرغوب، والتى تخلق المسارات المغلقة للأرضى. عندما تتشكل المسارات المغلقة للأرضى، فإنه لايمكن التنبؤ بالتيارات المارة فى أراضى الشبكة. تنتج هذه التيارات من اختلافات الجهود الحادثة من تأثير الكابلات الأخرى أو الأجهزة، أو التوصيلات الخاطئة والأعطال الأرضية وتيار التسريب من المعدات العادية. هذه التيارات يمكن أن تكون تيارات مستمرة DC أو مترددة ٥٠ هرتز أو ذات تردد عالى.

أساسيات المسار المغلق للأرضي (Ground Loop basics):

ماهو المسار المغلق للأرضى؟

يحدث المسار المغلق للأرضى عند وجود أكثر من توصيل للأرضى بين معدتين أو جهازين. تشكل مسارات الأرضى المزدوجة هوائى مغلق يمتاز بكفاءة عالية لالتقاط التيارات المتداخلة. من خلال مقاومة الرصاص تتحول هذه التيارات إلى جهود متقلبة (voltage fluctuations) . عند تتابع الجهود الحادثة على المسار المغلق للأرضى فإن الأرضى المرجعى للنظام لايستمر بجهد مستقر لفترة طويلة، عندئذ يحدث تشويش للإشارات المنقولة. ويصبح التشويش جزء من إشارات البرامج. ولأن المسار المغلق للأرضى عبارة عن حالات توصيل مشتركة عندها يمكن أن يأخذ تيار الأرضى أكثر من مسار للرجوع إلى قطب التأريض بخلية الخدمة (service panel). عادة يوصل مصدر تغذية لجميع الكمبيوترات من خلال سلك أرضى ضمن التوصيلات المشتركة للمبنى. يمكن أيضاً أن تتصل الكمبيوترات من خلال كابلات الاتصالات بغرض نقل البيانات، وعلى ذلك فإن الكمبيوترات تتصل تتابعياً بين بعضها البعض من خلال أكثر من مسار. عند وجود مسارات متعددة مغلقة للأرضى فيحتمل عندئذ حدوث إنهيار نتيجة التشويش بالأرضى الداخلى للنظام. يحدث مسار مغلق لأرضى إشارة النظام عندما تشترك بعض مكونات نفس النظام فى مصدر تغذيتها من أراضى مختلفة أكثر من المكونات الأخرى. أو أن يكون جهد الأرضى بين جهازين أو هيكلين غير متماثل.

عادة، يسبب اختلاف الجهد بين الأراضى مرور التيار فى الموصلات بينهما. والذى يعود إلى مدخل التغذية ويعالج كما لو كان مثل أى إشارة تغذية من خلال المداخل التقليدية. يوضح شكل (٣ – ٢٢) جهازين مؤرضين ومرتبطين من خلال سلك الإشارة وأسلاك التأريض الرئيسية. فى هذه الحالة يمر تيار فى السلك قيمته ١ أمبير مسبباً حدوث اختلاف جهد ٠,١ ڤولت بين نقطتى تأريض الجهازين. نتيجة ظهور اختلاف فى الجهد بين الجهازين فإن الإشارة المارة فى سلك الربط ترى أن شيئاً ما قد أضيف إليها .. ويؤدى ذلك إلى حدوث طنين (hum) فى الإشارة الأصلية، توجد مشكلة أخرى هى أن



شكل (٣-٢٢) مثال توضيحي لتعريف المسار المغلق للارضي

الأجهزة غير مصممة لتحمل التيارات المحملة بالتشويش الناتج من اختلاف الجهد الحادث، يمكن أن يؤدى ذلك إلى حدوث حالة إغلاق[1] (lockups) للحاسبات الآلية.

يوضح شكل (٣ - ٢٣) تمثيل فعلى للمسار المغلق للأرضى.

مشاكل المسار المغلق للأرضي:

تحدث المسارات المغلقة للأرضى مشاكل محددة للمعدات بثلاثة طرق هي:

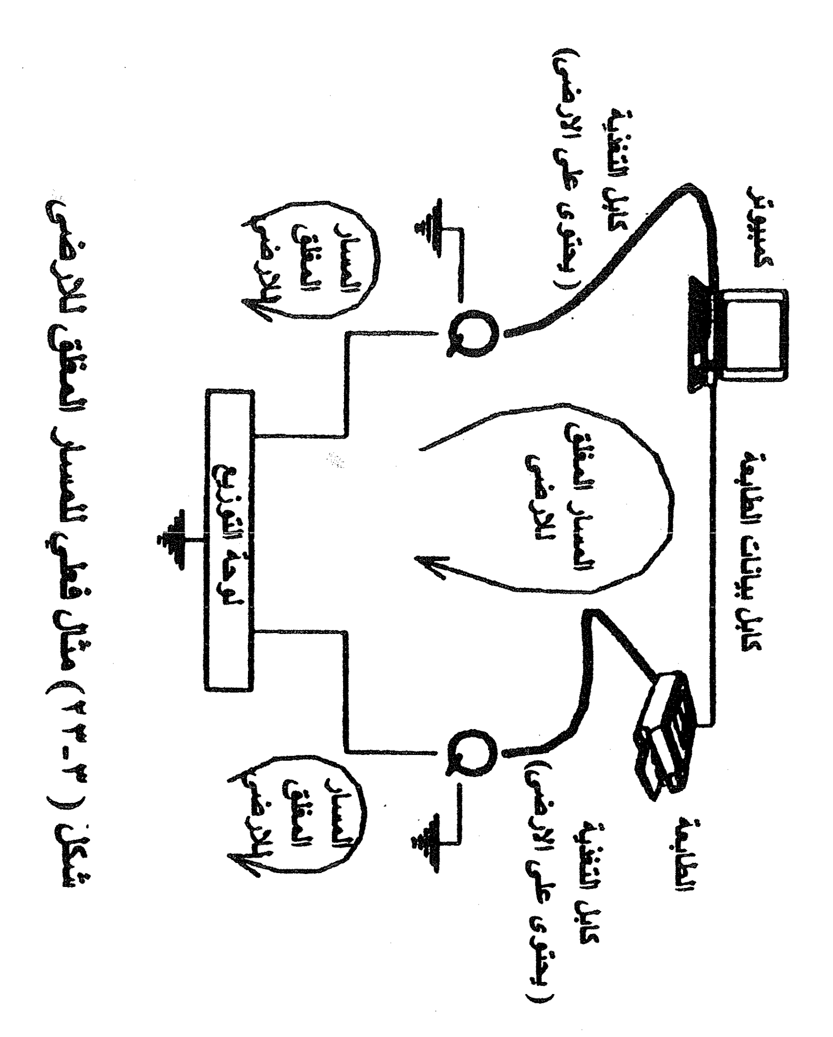
(١) تيارات الطاقة المنخفضة (low energy currents) فى الأراضى والتى تنتج عنها جهود تسبب أخطاء فى البيانات. يكون تردد هذه التيارات منخفض (مثلاً ٥٠ هرتز يسبب طنين فى النظم النظيرية analog) أو تردد عالى (يسبب تشويش كهربى).

(٢) موجات طاقة عالية عابرة (High energy transients) تختار أراضى كابل البيانات بدلاً من أراضى الشبكة لعزل (أو لفصل) الأرضى. تحدث هذه الموجات إما بسبب داخلى (عمليات التشغيل أو التيارات الدفعية inrush) أو بسبب خارجى (من الشبكة الكهربائية أو الصواعق العابرة). هذه الموجات تؤدى إلى إنهيار المعدات، المديرات، المستقبلات، ونظم الميكروبروسيسورات نفسها.

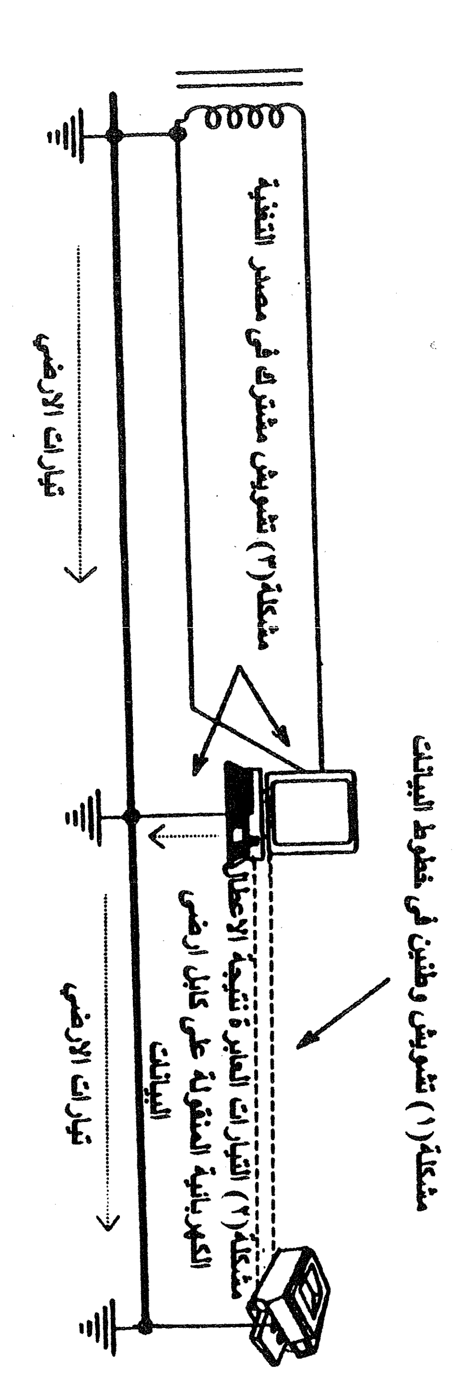
(٣) تعتبر المسارات المغلقة للأرضى أحد مسببات التشويش المشترك (common mode noise) بين الأطوار والأراضى. يحقن هذا التشويش لمصدر التغذية، مسبباً إنهيار المعدات وانفصالها. يوضح شكل (٣ - ٢٤) تمثيل لهذه المشاكل.

---

(١) قفل أو إغلاق : دائرة عزل توقف عمليات وحدات المنطق والحساب أو تمنعها من الاتصال بالذاكرة.



شكل (٣-٢٣) مثال فعلي للمسار المغلق للأرضي



شكل (٣-٤٢) مشاكل المسار المغلق للارضى

الأسباب المشتركة لمشاكل نظم الحاسبات الآلية:

بمراقبة مشاكل الحاسبات الآلية وجد أن السبب يرجع إلى المجالات المغناطيسية الغريبة أو مرور توافقيات تيار فى سلك التعادل أو تولد تشويش كهربى نتيجة عمليات التوصيل أو القفل. وغالباً تحدث ظاهرة الإغلاق (lockups) وظاهرة الخطأ المتقطع [1] (intermittent) بالحاسبات الآلية نتيجة المسارات المغلقة للأرضى. كذلك يؤدى استخدام المخارج (outlet) غير المناسبة لاستخدامات الحاسبات الآلية إلى ظهور بعض مشاكل التشغيل غير الآمن.

أيضاً يمكن حدوث مسارات مغلقة للأرضى إذا كانت شبكة المنطقة المحلية[2] (LAN (Local Area Network غير مطابقة للمواصفات أو غير مناسبة. وتحدث مسارات مغلقة للأرضى من خلال وصلة النظام[3] (RS 232) والتى تؤدى إلى ظاهرة الإغلاق.

متي لايكون المسار المغلق للأرضي مشكلة؟

لايحدث المسار المغلق للأرضى مشكلة إذا تحقق الآتى:

* لايمر تيار فى سلك المسار المغلق للأرضى.
* لايتعرض المسار المغلق لمجالات مغناطيسية متغيرة خارجية.
* لايوجد تداخل ترددات لاسلكية قريبة.

عند مرور تيار فى سلك يحدث اختلاف جهد بين طرفيه ويسبب مرور تيارات بالتأثير فى الأسلاك الأخرى وعندئذ تحدث المشاكل.

---

(١) خطأ متقطع : خطأ يحدث بطريقة متقطعة ولكن ليس دائماً ويكون من الصعب إعادة إنتاجه عمداً.

(٢) شبكة المنطقة المحلية : شبكة تضم أجهزة حاسبات آلية وأجهزة محيطية وطرفيه موصولة ببعضها البعض ضمن حدود جغرافية ضيقة (مبنى أو مبان متقاربة).

(٣) نظام اتصالات متسلسل لاتزامنى يستخدم كثيراً فى الأجهزة المحيطية ذات المعالجات الصغيرة.

يعمل المسار المغلق كملف يلتقط التيار من المجالات المغناطيسية المتغيرة المحيطة به. كذلك يعمل المسار المغلق كهوائى يلتقط إشارات اللاسلكى.

قيمة اختلاف جهد الأرضي المسبب للمشاكل:

يحدث التشويش المشترك (Common mode noise) عند وجود اختلاف جهد من ١ إلى ٢ ڤولت للمحطات ذات التأريض الجيد، بينما يكون الاختلاف ٢٠ ڤولت للمحطات ذات التأريض السئ. ويكون التيار المقاس فى وصلة التأريض للمبانى الكبيرة بوحدات الأمبير.

يكمل مسار تيار التسريب من خلال السعوية بين السلك الحى والأرضى وبين سلك التعادل والأرض. نموذجياً يقاس تيار التسريب بالمللى أمبير (فى معدات الحاسبات الآلية يكون أقل من واحد مللى أمبير) لكل جهاز، عند وجود مئات الأجهزة أو أكثر فمن السهولة الوصول إلى قيم بالأمبير.

فى حالة المحركات والسخانات الكبيرة فإن السعوية بين الخط والأرض تؤدى إلى مرور تيار تسريب حوالى ١ أمبير (يمكن أن يكون من ٠,١ إلى ١٠ أمبير). عند ظهور جهود صغيرة جداً فإنها تسبب مرور تيارات كبيرة فى المسار المغلق لموصل الأرضى لأن المقاومة (أو المحاثة) تكون صغيرة جداً، فعلياً يمكن أن يصل هذا التيار إلى عشرات الأمبير. يمكن أن ينتج التيار الحادث من الكابلات الحاملة لتيارات عالية أو من المحولات المحملة.

هل يمكن التخلص من المسارات المغلقة للأرضي؟

(Can ground loops be eliminated)?

فى بعض الأحيان، فى الأجهزة ذات التصميم السئ، تحدث المسارات المغلقة للأرضى داخل الجسم. حتى لو كان الجهاز متزن المداخل والمخارج. عندئذ يجب التخلص من الطنين (hum). يجب تجنب الأجهزة أو المعدات غير المتزنة فى النظام. الاستثناء من القاعدة للمعدات التى تكون متقاربة جداً معاً، متصلة بنفس جزء خدمات التيار المتغير.

يوضح شكل (٣ – ٢٥) تمثيل لحالة المسار المغلق للأرضى. حيث يبين جهازين متصلين بأرضى مأخذ التيار المتردد [١] (AC outlet) فى مواضع منفصلة وتتصل إشارة الأرضى (signal ground) بالأرض لكل منهما. يشكل كل من مسار الأرضى ومسار الأرضى المزدوج مسارا يلقط التداخل.

إذا كان تركيب الأجهزة غير دقيق، فإن تيارات التشويش للمسار الدائرى للأرضى (والذى يشبه الإشارات) تنقل على طول المسارات ليس بغرض حمل الإشارات. تنتج التيارات، فى دورانها، (تعدل الجهد للإشارات المحملة على السلك) جهود طنين وتشويش والذى لايمكن فصله بسهولة من برامج الإشارة للأجهزة المتأثرة. عندئذ يحدث تكبير للتشويش من خلال برنامج الإشارة (program signal).

ماذا يحدث لتجنب المسارات المغلقة للأرضى؟

What can you do to avoid ground loops?

يوجد أربعة طرق أساسية للتعامل مع الأرضى للنظام السمعى[٢] (audio system) هم : نقطة أحادية (single point) ، نقط متعددة (multiple point) ، التأريض الطافِ (floating) ، تسليح متداخل (telescoping shield) . لكل طريقة مميزات محددة لأنواع مختلفة من النظم.

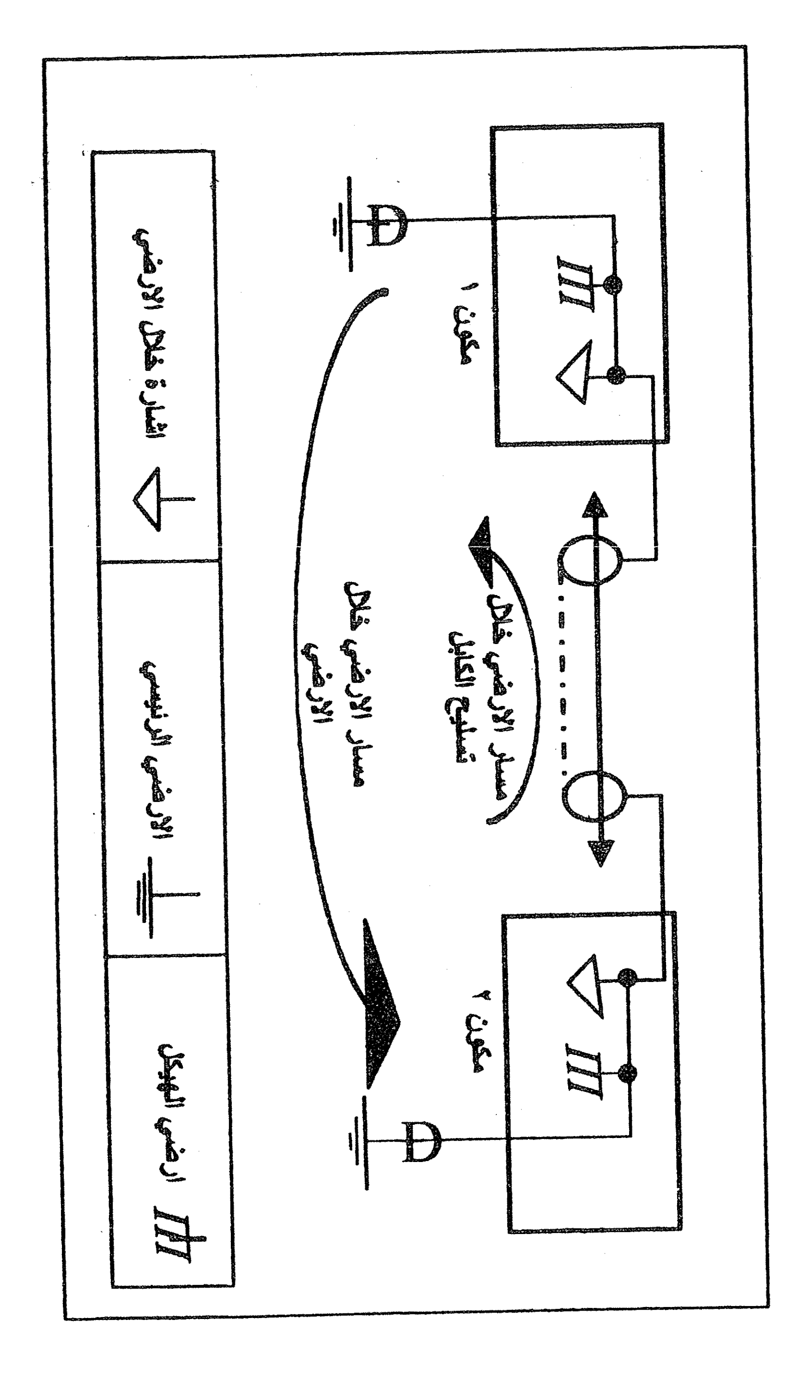
يوضح شكل (٣ – ٢٦) تأريض نقط أحادية . حيث يتم توصيل أرضى الهيكل[٣] لكل مكون على حدة بالأرضى. تحمل إشارة الأرضى (signal

---

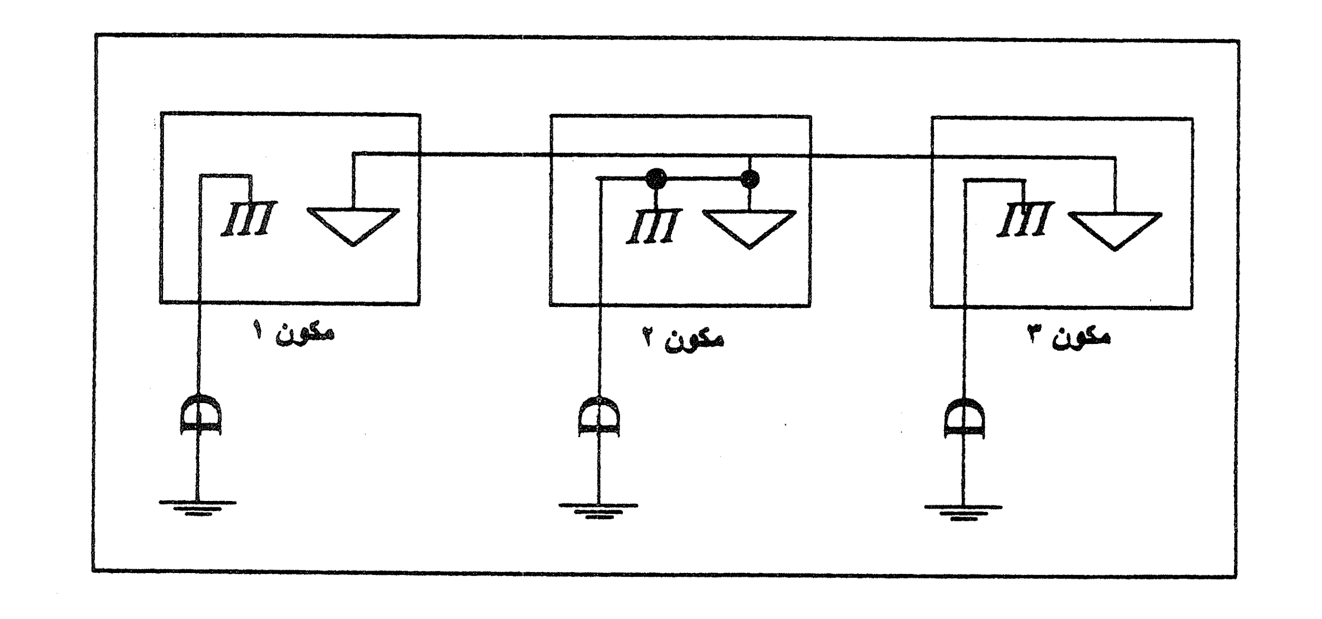
(١) مأخذ التيار : نقطة فى شبكة الأسلاك يؤخذ منها التيار لتزويد الأدوات الكهربائية به.

(٢) نظام سمعى : نوع من المعدات يستطيع تخزين ومعالجة البيانات من صوت مسجل أو مرسل.

(٣) هيكل : القاعدة المعدنية التى تركب عليها المعدات الالكترونية.



شكل (٣-٢٥) المسار المغلق للارضي



شكل (٣-٢٦) التأريض بنقطة احادية للتخلص من المسارات المغلقة المحتملة للارض

ground) بين المكونات والتوصيلات إلى الأرض عند نقطة مركزية واحدة. هذا النظام يكون مؤثر جداً لحذف طنين تردد الخط، ويكون من الأسهل أن يستخدم بالنظم ثابتة الإنشاءات.

يوضح شكل (٣ – ٢٧) تأريض متعدد النقاط. هذا النظام يستخدم دوائر متزنة لمعدات مصممة بكفاءة ولايوجد مشاكل تشويش خاصة.

يوضح شكل (٣ – ٢٨) فكرة التأريض الطاف وفيه يكون الأرضى معزول بالكامل عن الأرض، يستفاد بهذه الطريقة عندما يحمل تأريض الأرض (earth ground) تشويش واضح. .

يوضح شكل (٣ – ٢٩) التسليح المتداخل للمعدات. هذا النظام يكون فعال جداً للتخلص من المسارات المغلقة للأرضى. عند دخول التشويش إلى التسليح فإنه يتصل بالأرض فقط، ولايمكن للتشويش أن يمر بمسار الإشارات . يتطلب تطبيق هذه الطريقة إتزان المحولات والخطوط، ولذا فإن الأرضى لايحمل بالتيار.

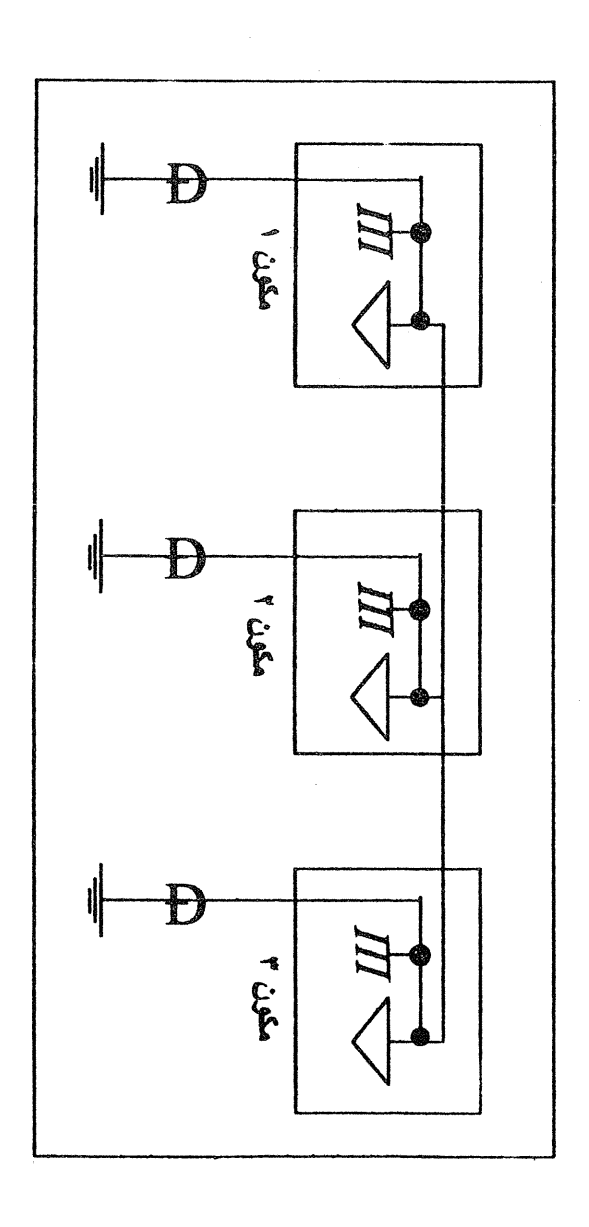
حل مشاكل المسارات المغلقة للأرضي:

يوجد طرق كثيرة لعلاج مشاكل المسارات المغلقة للأراضى. لكل نظام الكترونى خطوط وحساسيات محددة تعمل على أن يكون الأرضى أحادى. وعلى ذلك يوجد تكنولوجيات محددة لتقليل أو حذف المسارات المغلقة للأراضى وتأثيرها على النظام.

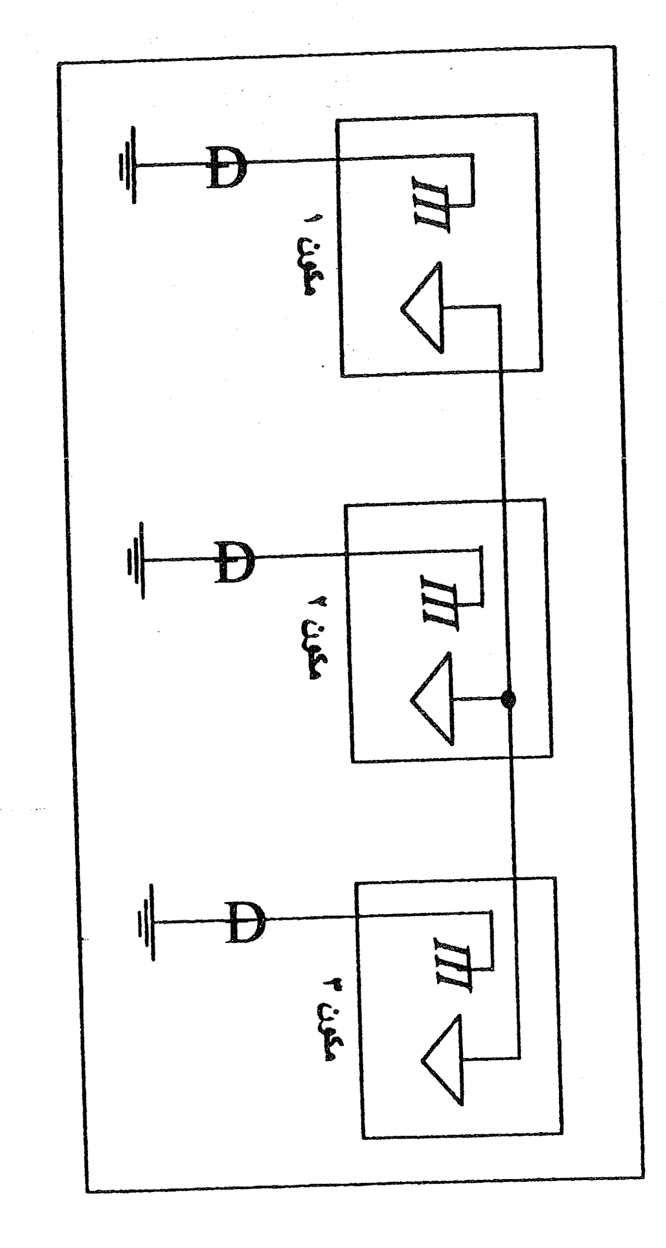
تحسين جودة الأرضي Improving the ground quality:

يؤدى تحسين جودة أراضى النظام إلى تقليل مشاكل المسارات المغلقة للأراضى بطريقتين :

أولاً : يعنى التأريض ذى الجودة الأفضل أن تخفض معاوقة الأرضى. هذا



شكل (٣-٢٧) نقط ارضي متعددة



شكل (٣-٢٨) التأريض الطلف

يعنى أن تستخدم كمسار لتيارات الأعطال بدلاً من مرورها فى خطوط البيانات. بالإضافة إلى أنه ينشأ من تيارات المسارات المغلقة العادية جهد أقل كثيراً على معاوقة الأرضى الصغيرة.

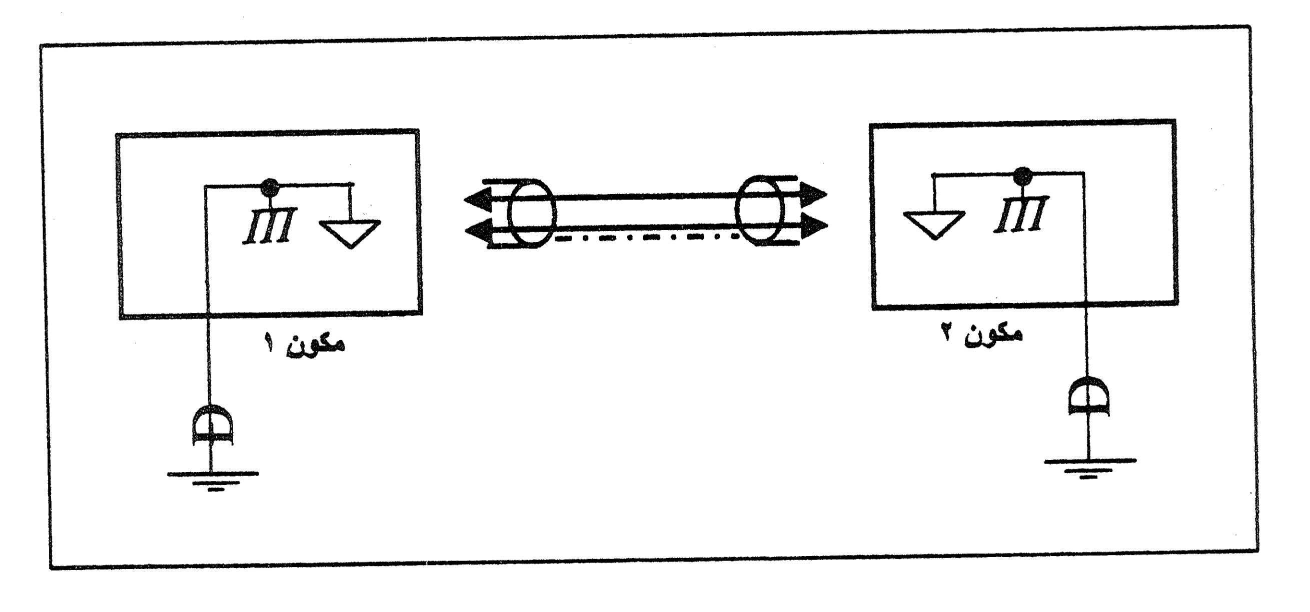
يكون استخدام موصلات أرضى بأحجام كاملة (بدلاً من تقليل الحجم تبعاً لتوصيات المواصفات القياسية NEC) أحد طرق تحسين جودة الأرضى. إن الأراضى المتعادلة (equalization grounding) مثل الشبكة الأرضية، تكون أفضل. ويتم توصيل جميع أراضى كابلات البيانات والنظام بهذه الشبكة الأرضية حتى يتساوى الأرضى قبل توصيل الأجهزة الحساسة. وعلى ذلك فإن هذا يؤدى فقط إلى تقليل مشاكل الأراضى وليس منعها.

محولات العزل (Isolation Transformers)

تستخدم محولات العزل المسلحة (shielded isolation transformers) لحذف أو منع الجهود المشتركة (common - mode voltages) . تظل كلاً من تيارات وجهود الأراضى موجودة، ولكن يعمل المحول على عدم تخليق جهود تؤثر فى مصادر التغذية أو المعدات. تكون المحولات المسلحة مؤرضة للأمان، وحتى تضمن عدم فتح أو قطع المسارات المغلقة للأرضى. وعلى ذلك، فهى تحذف آثار المسارات المغلقة للأراضى.

عزل خط البيانات:

يكون التأثير الفعلى لعزل خط البيانات هو فصل المسارات المغلقة للأرضى وتقاوم تيارات التشويش ذات المستوى العالى والمنخفض. بعض مسارات البيانات تعزل الياً ، وبعض خطوط البيانات الأخرى تعزل بسهولة (مثل العزل البصرى optical isolation) . لسوء الحظ فإن هذا يعتبر غير عملى لعزل بعض مسارات البيانات.



شكل (٣-٢٩) التسليح المتداخل للمعدات

فلسفة الأرضي المتناسقة A coordinated ground philosophy:

يمكن تقليل أو حذف مشاكل المسارات المغلقة للأرضى بأسلوب تنسيق للأراضى ، والموضح فى شكل (٣ - ٣٠) بفلسفة أن لايتسبب جهاز واحد أو تقنية واحدة فى كل المشاكل. المكونات الهامة لهذا النظام :

* محول عزل مسلح.

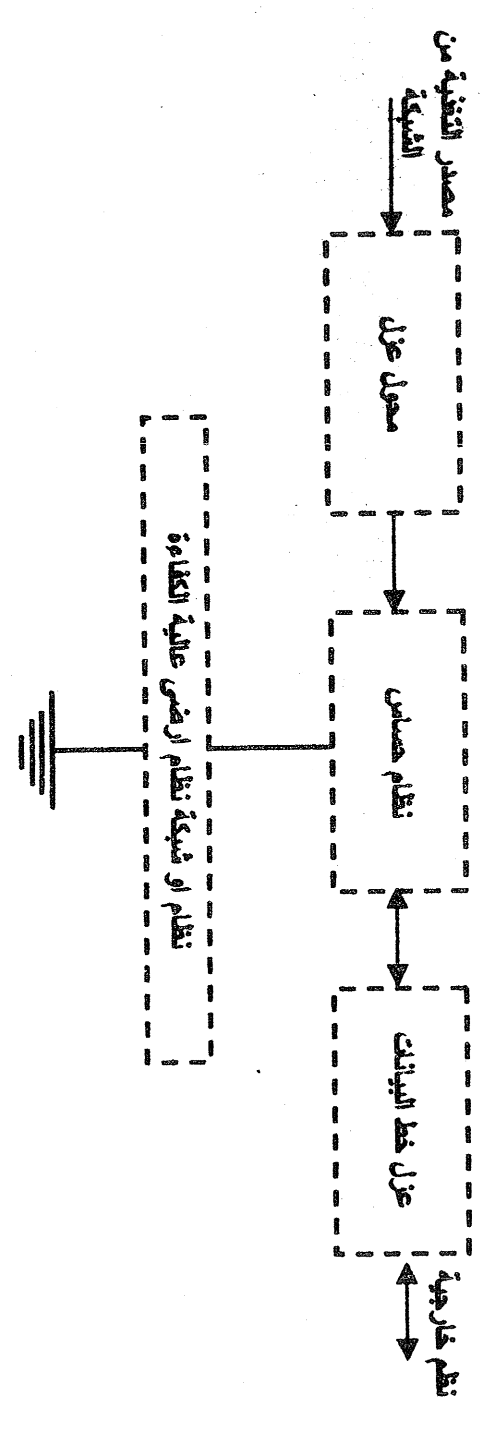
لحذف الجهود المشتركة common - mode voltages

* تحسين جودة الأرضى

لأرضى النظام أو هيكل العملية

* **عزل خطوط البيانات**

لفصل المسارات المغلقة للأرضى خارج النظام.



شكل (٣-٢) أسلوب تنسيق الأرضي

٧- تأريض شبكات الجهد المنخفض Grounding of LV - Networks:

نظرياً يمكن تأريض شبكات الجهد المنخفض بأحد الطرق الآتية:

١ – تأريض مباشر Solidly grounded

أو تأريض فعلى Effectively grounded

٢ – غير مؤرض Ungrounded

٣ – مؤرض من خلال مقاومة Resistance grounded

٤ – مؤرض من خلال مفاعلة Reactance grounded

يكون تأريض شبكات الجهد المنخفض من خلال مقاومة أو مفاعلة نادر الاستعمال لأنه فى هذه الحالة يجب أن تكون المقاومة أو المفاعلة ذات قيمة صغيرة جداً للحصول على تيارات قصر كبيرة بالكفاية. ويجب أن تكون هذه القيم قريبة جداً من قيم النظام المؤرض مباشرة وعليه يوصى باستخدام النظام المؤرض مباشرة.

فيما يلى سيتم استعراض نظم تأريض شبكات الجهد المنخفض شائعة الاستخدام:

١ - النظام المؤرض Solidly grounded:

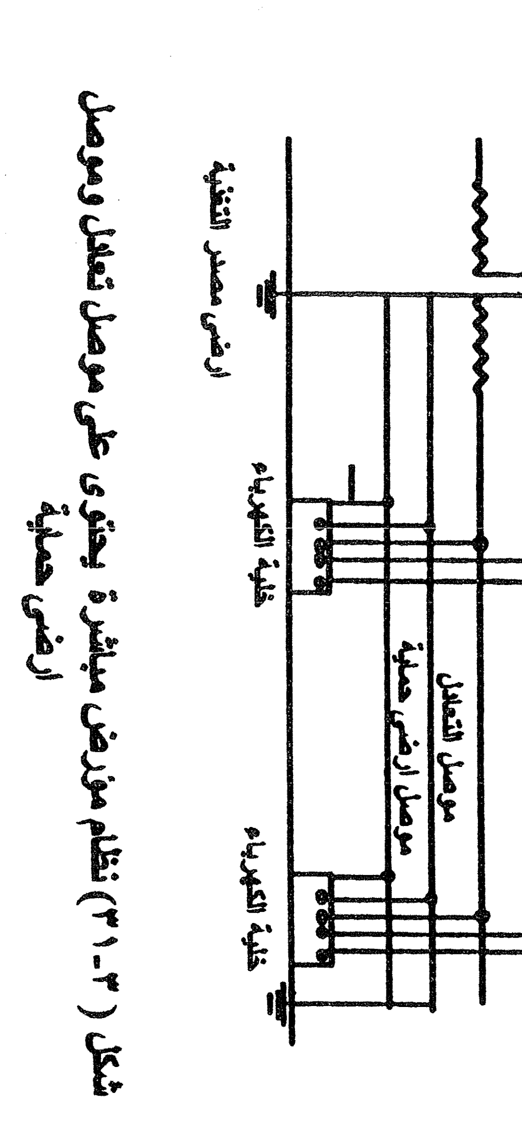
للنظام نقطة أو أكثر من مصادر التغذية تؤرض مباشرة، للإنشاءات المغذاة من هذا المصدر تتصل بهذه النقطة من خلال موصل أرضى حماية PE (Protective Earth Conductor)، يصنف هذا النظام إلى :

أ - نظام يحتوي علي موصلي PE , N:

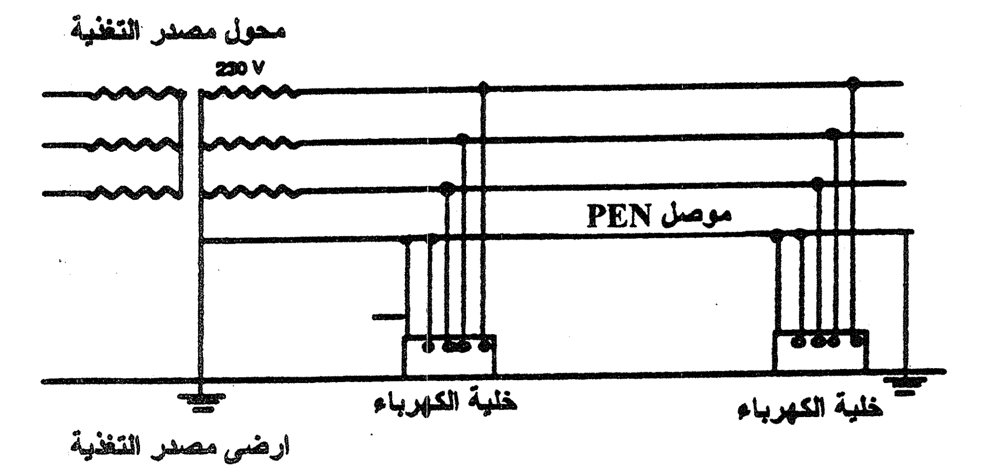
وفيه يتم استخدام موصل للتعادل N (neutral) وأيضاً موصل حماية (PE) كما فى شكل (٣ – ٣١).

ب - نظام يحتوي علي موصل PEN:

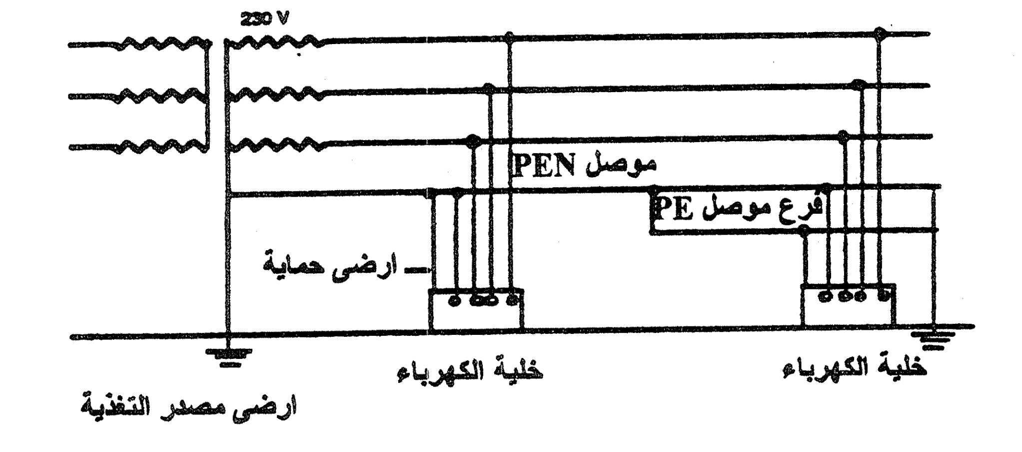
يستخدم موصل واحد للتعادل (N) وللحماية الأرضية (PE) كما فى شكل (٣ – ٣٢) أو أن يؤخذ منه فرع للحماية الأرضية (PE) كما فى شكل (٣ – ٣٣).



شكل (٣-١٣) نظام مؤرض مباشرة يحتوي على موصل تعادل وموصل أرضي حماية



شكل (٣-٣٢) نظام مؤرض مباشرة يحتوى على موصل PEN



شكل (٣-٣٣) نظام مؤرض مباشر يحتوى على فرع موصل ارضى حماية

جـ - نظام يحتوي علي موصل تعادل (N) :

وفيه يوجد موصل تعادل مؤرض مباشرة، وفى كل مبنى توصل لوحة التوزيع بالكترود أرضى لايعتمد كهربائياً على الكترود أرضى المصدر، يوضح شكل (٣ - ٣٤) هذا النظام.

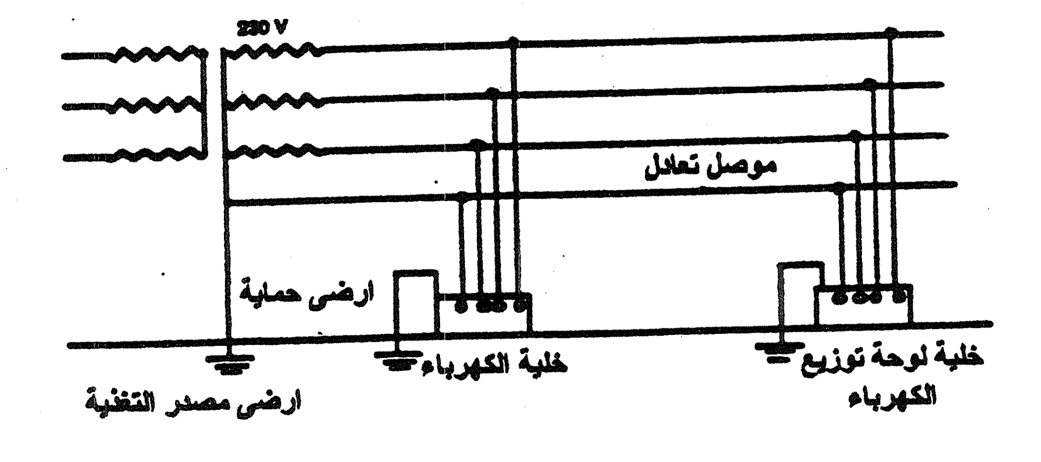
٢ - النظام غير المؤرض (Ungrounded system):

لايحتوى هذا النظام على موصل تعادل (N) ولا موصل حماية أرضية PE كما فى شكل (٣ - ٣٥) ، ولكن تزود لوحة توزيع المبانى بحماية أرضية (PE).

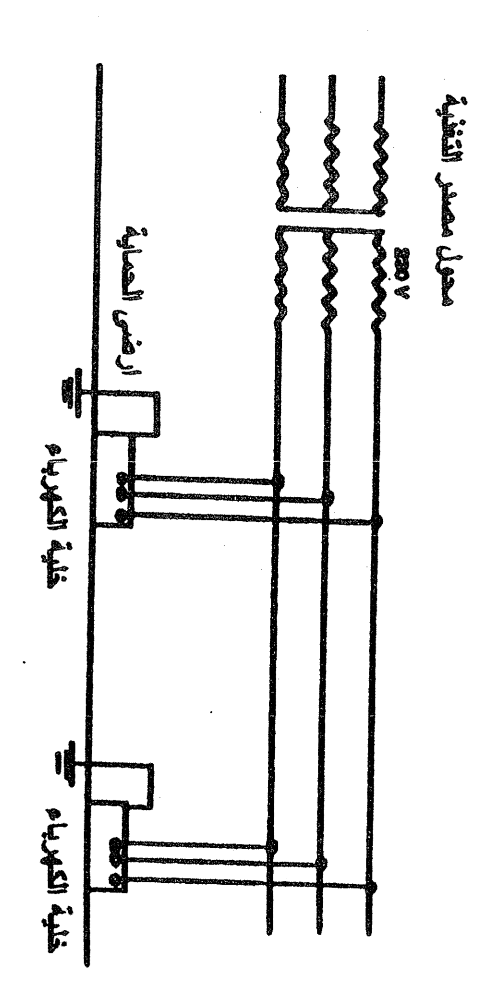
مقاومة وممانعة الكابلات:

عند مرور مركبة التتابعية الصفرية للتيار (Zero - sequence current) خلال موصلات الأطوار للكابل ثلاثى الأطوار، فيجب أن يعود هذا التيار إما فى الأرض أو فى موصل (PEN) أو فيهما معاً. عندما يمر تيار التتابعية الصفرية خلال كل موصل فإنه يواجه مقاومة a.c للموصل، وعندما يعود فى الأرض أو (PEN) فإنه يواجه مقاومة هذه المسارات. تيار التتابعية الصفرية المار فى أى طور واحد يواجه أيضاً ممانعة كل من المحاثة الذاتية للموصل (self - inductance) ، والمحاثة التبادلية (mutual inductance) من الأرضى ومسار رجوع (PEN) ، والمحاثة التبادلية لمسارات الرجوع. تأثير كل واحدة من هذه المحاثات لايمكن دائماً تعريفها منفصلة من المعادلات المستخدمة لحسابات الممانعة (reactance) ، لأن نظرية دوائر رجوع الأرضى (باستخدام متوسط نصف القطر الهندسى Geometric Mean Radius- GMR) لتمثيل مجموعة الموصلات المتوازية، تقدم فى شكل مزج مشاركة بعض المؤثرات الأساسية لممانعة المركبة الصفرية الكلية. يكون موصل PEN مؤرض بكثرة، عند نقط متعددة، والتى تسمح لكثير من تيارات رجوع التتابعية الصفرية بالمرور فى موصل PEN.

تبعاً لإنشاءات الكابلات فإن تيار الرجوع يكون واحد من هذه الحالات النظرية:



شكل (٣-٣٤) نظام مؤرض مباشر يحتوى على موصل تعادل N



شكل (٣-٥٣) نظام غير مؤرض

- رجوع التيار فى موصل PEN والأرضى على التوازى،
- كل تيار الرجوع فى موصل PEN ، ولايمر بالأرضى.
- كل تيار الرجوع فى الأرضى، ولايمر بموصل PEN.

الكابلات أحادية الموصل Single - conductor cables:

تمثل المعاوقة (Impedance) للكابلات أحادية الموصل كالآتى:

يعبر عن معاوقة مجموعة من ثلاثة موصلات متوازية، مع اعتبار وجود رجوع الأرضى وإهمال وجود موصل PEN فى هذه اللحظة فقط، بدلالة معاوقة تيارات التتابعية الصفرية من المعادلة الآتية:

$$Z_c = r_c + r_e + j\,0.4340\,(\log_{10} \frac{D_e}{GMR_{3c}})$$

حيث :

r_c = مقاومة a.c لموصل واحد (أوم / كم)

r_e = مقاومة a.c لرجوع الأرضى (تؤخذ حوالى ٠,١٤٨ أوم / كم)

(أو تحسب تبعاً لمعادلة «كارسون» Carson's Formulas)

D_e = المسافة المكافئة لمسار رجوع الأرضى تبعاً لمعادلة «كارسون» والتى تكون حوالى ١٠٢٤ متر عند مقاومية الأرض ١٠٠ متر أوم. هذه القيمة المتوسطة يؤخذ بها عند عدم التوصل إلى التعريفات المحددة.

GMR_{3c} = متوسط نصف القطر الهندسى للمسار التوصيلى للموصلات الثلاثة والمأخوذة كمجموعة. (بوحدة متر).

للموصلات ذات المقطع الدائرى فإن :

$$GMR_{3c} = \sqrt[3]{(GMR_{1c})\,(GMD_{3c})^2}$$

حيث :

متوسط نصف القطر الهندسى لموصل واحد (بوحدة متر) = GMR_{1c}

متوسط نصف القطر الهندسى للمسار التوصيلى للموصلات = GMD_{3c}
الثلاثة المأخوذة كمجموعة (بوحدة متر)

$$GMD_{3c} = \sqrt[3]{S_{ab} * S_{bc} * S_{ca}}$$

حيث :

S = المسافة بين مراكز الموصلات (بوحدة متر)

للموصلات المجدولة (stranded) فإن نصف القطر يساوى

$$GMD_{1c} = m = c \, X \, \frac{d}{2}$$

حيث :

d = قطر الموصل

c = ثابت يعتمد على عدد الأسلاك المجدولة فى الموصل

هذا يمثل معاوقة الدائرة الكلية للتتابعية الصفرية إذا كان كل التيار يعود فى الأرضى، ولايعود فى موصل PEN

معاوقة المركبة PEN:

نحصل على معاوقة المركبة PEN من المعادلة :

$$Z_{PEN} = r_e + 3\,(r_{PEN}) + j\,0.434\,\left(\log_{10} \frac{D_e}{GMR_{PEN}}\right)$$

حيث :

r_{PEN} = مقاومة a.c لموصل PEN (أوم / كم)

GMR_{PEN} = متوسط نصف القطر الهندسي لموصل PEN (بوحدة متر)

معاوقة المركبة التبادلية:

نحصل على معاوقة المركبة التبادلية من المعادلة :

$$Z_m = r_e + j\,0.434\ \left(\log_{10} \frac{D_e}{GMD_{PEN}}\right)$$

حيث :

GMD_{PEN} = المسافة المتوسطة الهندسية بين مراكز الموصلات وموصل PEN

$$GMD_{PEN} = \sqrt[3]{S_{aPEN} * S_{bPEN} * S_{cPEN}}$$

معاوقة المركبة الصفرية (Z_0):

عند رجوع التيار فى الموصل PEN فقط، وليس فى الأرضى فإن :

$$Z_0 = Z_c + Z_{PEN} - 2\ Z_m$$

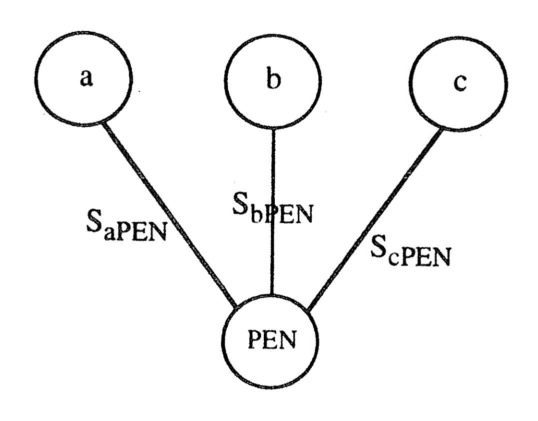
وتعتمد هذه القيمة على معاوقية الأرض (earth resistivity)

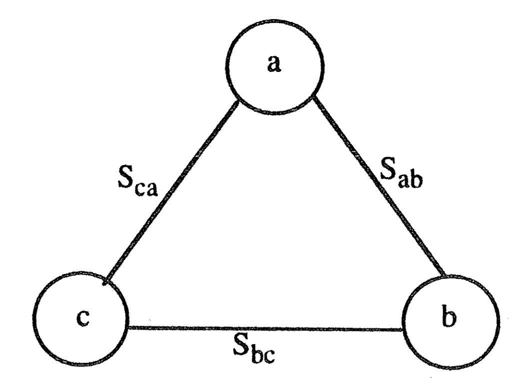
عند رجوع التيار فى كل من الأرضى وموصل PEN فإن :

$$Z_0 = (Z_c - Z_m) + \frac{(Z_{PEN} - Z_m)\ Z_m}{Z_{PEN}}$$

يوضح شكل (٣ – ٣٦) متغيرات بعض أنواع الكابلات.

ويبين جدولى (٣ – ١) ، (٣ – ٢) معاوقات بعض أنواع الكابلات.





كابل $3 \times 240 + 150\ mm^2$

$S_{aPEN} = 0.025$ m

$S_{bPEN} = 0.025$ m

$S_{cPEN} = 0.035$ m

كابل $3 \times 240 + 150\ mm^2$

$S_{ab} = 0.027$ m

$S_{bc} = 0.027$ m

$S_{ca} = 0.038$ m

كابل $4 \times 150\ mm^2$

$S_{aPEN} = 0.0222$ m

$S_{bPEN} = 0.0222$ m

$S_{cPEN} = 0.0314$ m

كابل $4 \times 150\ mm^2$

$S_{ab} = 0.0222$ m

$S_{bc} = 0.0222$ m

$S_{ca} = 0.0314$ m

كابل $3 \times 95 + 54.6\ mm^2$

$S_{aPEN} = 0.0143$ m

$S_{bPEN} = 0.0143$ m

$S_{cPEN} = 0.020$ m

كابل $3 \times 95 + 54.6\ mm^2$

$S_{ab} = 0.0154$ m

$S_{bc} = 0.0154$ m

$S_{ca} = 0.0218$ m

شكل (٣ - ٣٦)

جدول (٣ - ١) نتائج قيم المعاوقة الصفرية لبعض أنواع الكابلات

نوع الموصل	البيانات الأساسية							القيم المحسوبية									
	r_c	r_e	D_e	d_c	d_{PEN}	r_{PEN}	C	GMR_{1C}	GMD_{3C}	GMR_{3C}	Z_c	GMR_{PEN}	Z_{PEN}	GMD_{PEN}	Z_m	Z_0	Z_0
$3 X 240 mm^2 + 150 mm^2$	0.125	0.148	1024	0.0185	0.0145	.206	0.748	0.00707	0.0303	0.0186	(١) 2.08	0.00542	(٢) 2.41	0.028	(٣) 1.99	(٤) 0.838	(٥) 0.715
$4 X 150 mm^2$	0.206	0.148	1024	0.0145			0.748	0.00542	0.0221	0.0138	2.14		2.41	0.0249	2.01	0.909	
$3 X 95 mm^2 + 54.6 mm^2$	0.320	0.0148	1024	.0115			0.758	0.00436	0.0173	0.0117	2.19		3.13	.0160	2.09	2.238	

(١) تكون قيمة Z_c بين ١,٦٣ إلى ٢,٥ أوم / كم اعتماداً على مقاومية الأرض.

(٢) تكون قيمة Z_{PEN} بين ٢,٠١ إلى ٢,٨٣ أوم / كم اعتماداً على مقاومية الأرض.

(٣) تكون قيمة Z_m بين ١,٥٥ إلى ٢,٤٢ أوم / كم اعتماداً على مقاومية الأرض.

(٤) Z_0 فى حالة رجوع التيار فى موصل PEN فقط.

(٥) Z_0 فى حالة رجوع التيار مقسماً بين موصل PEN والأرضى.

الوحدات:

r_c ، r_e ، r_{PEN} ، Z_c ، Z_{PEN} ، Z_{PEN} ، Z_m ، Z_0 بوحدات (Ω / Km) (أوم / كم).

D_e ، d_c ، d_{PEN} ، GMR ، GMD بوحدات (m) (متر).

جدول (٣ - ٢) ملخص لقيم المعاوقة الصفرية

والمعاوقة الموجبة للكابلات فى الجدول رقم (٣ - ١)

الكابل	المعاوقة الموجبة Z_1	المعاوقة الصفرية عند مرور كل I_1 فى الأرضى (Z_0)	المعاوقة الصفرية عند مرور كل I_1 فى PEN (Z_0)
$3 X 240 + 150 mm^2$	0.125 + j 0.097	0.273 + j 2.057 = 2.075	0.743 + j 0.388 = 0.838
$4 X 150 mm^2$	0.206 + j 0.092	0.354 + j 2.114 = 2.1434	0.824 + j 0.384 = 0.909
$3 X 95 + 54.6 mm^2$	0.320 + j 0.09	0.468 + j 2.144 = 2.1945	2.210 + j 0.352 = 2.238

معاوقة المحول Transformer Impedance :

$$Z_{base} = \frac{V^2}{S_n}$$

حيث :

S_n = القدرة المقننة للمحول بوحدات (VA)

V = الجهد الأساسى من جهة الجهد المنخفض بوحدات ڤولت

$$Z_t = \frac{U_k}{100} \times Z_{base}$$

$$r_t = \frac{U_r}{100} \times Z_{base}$$

$$X_t = \frac{U_x}{100} \times Z_{base}$$

حيث :

U_k = معاوقة دائرة القصر للمحول short circuit impedance

$$U_k = \sqrt{U_r^2 + U_x^2} \quad \text{or} \quad U_x = \sqrt{U_k^2 - U_r^2}$$

في محولات التوزيع تكون قيمة U_k حوالى من ٤ ٪ إلى ٦ ٪ وتكون U_r صغيرة وحوالى ١ ٪ . عادة، تكون الملفات موصلة delta / star ، لهذه التوصيلة تتساوى معاوقة التتابعية الموجبة ومعاوقة التتابعية السالبة. وتكون معاوقة التتابعية الصفرية كالآتى:

$$Z_0 = r_t + 0.95\ X_t$$

يوضح جدول (٣ – ٣) معاوقة بعض محولات التوزيع.

جدول (٣ – ٣)

X_t (أوم)	r_t (أوم)	Z_{base}	U_x %	U_r %	U_k %	قدرة المحول S_n (KVA)
0.025	0.006	0.64	3.87	1	4	250
0.0094	0.0016	0.16	5.92	1	6	1000

حساب تيارات الأعطال الأرضية

(Calculation of earth - fault currents)

عادة تهمل معاوقة التتابعية الصفرية للشبكة المغذية، (شبكة الجهد المتوسط) عند حساب تيارات الأعطال الأرضية لشبكة الجهد المنخفض لأن قيمتها تكون صغيرة جداً مقارنة بالمعاوقات فى شبكات الجهد المنخفض.

يعتمد تيار العطل الأرضى فى شبكات الجهد المنخفض على نظام تأريض الشبكة (مؤرضة مباشرة مع الأرض، غير مؤرضة ....).

(أ) تيارات العطل الأرضى فى الشبكات المؤرضة

(Earth - fault current in grounded system)

يحسب تيار العطل الأرضى على أحد الأطوار لنظام مؤرض طبقاً للمعادلة الآتية:

$$I_f = \frac{3 \ \frac{1}{\sqrt{3}}}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

حيث :

V = الجهد الأساسى (بوحدة الڤولت)

Z_1 = المعاوقة الكلية للتتابعية الموجبة لطور فى الشبكة

Z_2 = المعاوقة الكلية للتتابعية السالبة لطور فى الشبكة

Z_0 = المعاوقة الكلية للتتابعية الصفرية فى الشبكة

(ب) تيارات العطل الأرضى فى الشبكات غير المؤرضة

(Earth - fault currents in ungrounded systems)

(١) أعطال أحد الأطوار مع الأرض (Single - phase to earth faults)

تكون تيارات الأعطال الأرضية لنظام الشبكات غير المؤرضة صغير جداً وعملياً كذلك يكون التيار السعوى (capactive current) للخطوط صغير فى نفس الشبكة.

هذه التيارات تكون متغيرة وتعتمد على طول الخط ونوع الموصل.

يمكن حساب تيار العطل الأرضى السعوى (capactive earth fault current) من العلاقة :

$$I_f = 3 \times V_0 \times 2\pi fC \times 10^{-3} \ A / Km$$

حيث :

V_0 = جهد الطور بوحدات KV (كيلوڤولت)

f = التردد (هرتز)

C = السعة بوحدات μ F / Km (ميكرو فاراد / كم)

(تساوى ٠,٣ ميكروفاراد / كم لكابلات الجهد المنخفض)

(٢) أعطال طورين مع الأرض **(Double - phase to earth faults)**

فى الكابلات الأرضية يحسب تيار العطل لطورين مع الأرض من العلاقة:

$$I_{f2} = \frac{V/2}{\sqrt{(R + R_e)^2 + X^2}}$$

حيث :

V = الجهد الأساسى (بوحدات ڤولت)

R = مقاومة الخط (بوحدات أوم / طور)

R_e = مقاومة الأرض (بوحدات أوم)

X = ممانعة الخط (بوحدات أوم / طور)

يوضح شكل (٣ – ٣٧) تمثيل لهذا العطل.

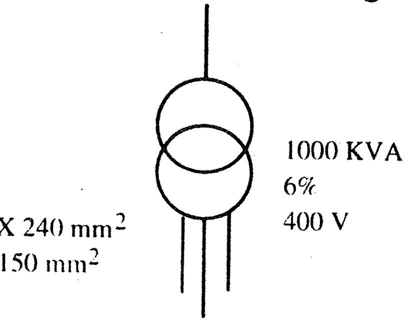
مثال:

احسب تيار القصر الأرضى I_f

من جهة ٤٠٠ ڤولت على

بعد ٣٠٠ متر من المحول

لشبكة ذات كابل رجوع PEN



av. feeder length = 300 m

Total feeder length = 1500 m

Total cable length including service cable = 3000 m

شكل (٣-٣٧) تمثيل لاعطال طورين مع الارض لنظام غير مؤرض

تؤخذ بيانات المعاوقة للمحول من جدول (٣ – ٣)

تؤخذ بيانات معاوقة الكابلات من جدول (٣ – ٢)

طول كابل المغذى = ٠,٣ كم

$$Z_{1_c} = Z_2 = 0.3\ (0.125 + j\,0.097) = 0.0375 + j\,0.0291$$

$$Z_{0_c} = 0.3\ (0.743 + j\,0.388) = 0.223 + j\,0.116$$

تحسب المعاوقة الكلية للمحول والكابل

$$Z_1 = Z_2 = Z_{1T} + Z_{0c} = (0.0016 + j0.0094) + (0.0375 + j0.0291) = 0.0391 + j0.0385$$

$$Z_0 = Z_{0T} + Z_{0c} = (0.0016 + j0.0089) + (0.223 + j0.116) = 0.2246 + j0.1249$$

$$Z_1 + Z_2 + Z_0 = 0.303 + j\,0.203$$

$$I_f = \frac{3.\ \dfrac{400}{\sqrt{3}}}{0.303 + j\,0.203} = 1900\ \text{A}$$

	1000 KVA 400 V 6 %	1000 KVA 400 V 6 %	250 KVA 400 V 4 %
نوع الكابل	$3x240+150\ mm^2$	$4x150\ mm^2$	$3x95+54.6\ mm^2$
العطل على بعد	300 m	300 m	350 m
الطول الكلى للمغذى	1500 m	3500 m	1050 m
الطول الكلى للكابل بما فيه كابلات الخدمات	3000 m	6000 m	1700 m
PEN	$Z_{1c} = Z_{2c} = 0.0375 + j0.0291$ $Z_{oc} = 0.223 + j0.116$ $Z_{1T} = .0016 + j.0094$ $Z_{oT} = .0016 + j.0089$ $Z_1 = Z_2 = 0.0391 + j0.0385$ $Z_o = .2246 + j0.1249$ $I_F = 1900\ A$	$Z_{1c} = Z_{2c} = 0.0618 + j0.0276$ $Z_{oc} = 0.2472 + j0.1152$ $Z_{1T} = 0.0016 + j0.0094$ $Z_{oT} = 0.0016 + j.0089$ $Z_1 = Z_2 = .0634 + j0.037$ $Z_o = .2488 + j.1241$ $I_F = 1634\ A$	$Z_{1c} = Z_{2c} = .112 + j0.0315$ $Zoc = .7735 + j.1232$ $Z_{1T} = .006 + j0.025$ $Z_{oT} = .006 + j.024$ $Z_1 = Z_2 = .118 + j.0565$ $Z_o = .7795 + j.1472$ $I_F = 660\ A$

جدول (٣-٤) أمثلة محلوله

I_F N R_1 R_2	$Z_{1c} = Z_{2c} = .112 + j0.0315$ $Z_{oc} = .1638 + j.7504$ $Z_{1T} = .006 + j0.025$ $Z_{oT} = .006 + j.024$ $Z_1 = .118 + j.0565$ $Z_o = .1698 + j.7744$ $I_F = 710$ A (1) $I_F = 23$ A (2)	$Z_{1c} = Z_{2c} = .0618 + j.0276$ $Z_{oc} = .1062 + j.6342$ $Z_{1T} = .0016 + j.0094$ $Z_{oT} = .0016 + j.0089$ $Z_1 = Z_2 = .0634 + j.037$ $Z_o = .1078 + j.6431$ $I_F = 919$ A (1) $I_F = 23$ A (2)	$Z_{1c} = Z_{2c} = .0375 + j.0291$ $Z_{oc} = .0819 + j.6171$ $Z_{1T} = .0016 + j.0094$ $Z_{oT} = .0016 + j.0089$ $Z_1 = Z_2 = .0391 + j.0385$ $Z_o = .0835 + j.626$ $I_F = 959$ A (1) $I_F = \frac{VPh}{R_1 + R_2} = \frac{230}{5+5} = 23A$ (2)
I_F $R_0 = 5$ $R_0 = 5$	الطول الكلى 1700 m عطل طور واحد $I_F = 0.1$ A عطل طورين $I_{F2} = 20$ A	الطول الكلى 6000 m عطل طور واحد $I_F = 0.4$ A عطل طورين $I_{F2} = 20$ A	الطول الكلى 3000 m عطل طور واحد $I_F = 3Vo \times 2\pi FC*10^{-3}$ $= 0.2$ A عطل طورين $I_{F2} = \frac{V}{2\sqrt{(R+R_c)^2 + X^2}}$ $= \frac{400}{2\sqrt{(0.038+10)^2 + (0.029)^2}}$ $= 20$ A

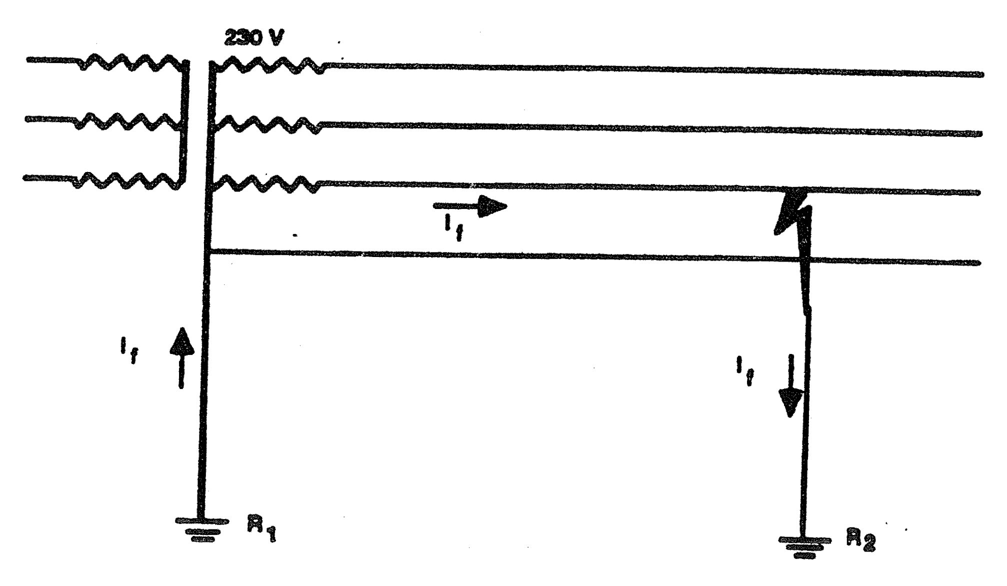
تابع جدول (٣-٤) أمثلة محلوله

ملحوظة :

فى جدول (٣ - ٤) معادلة رقم (١) حُسبت قيمة التيار I_f على أساس أن كل التيار العائد يعود فى الأرضى فقط، وهذه الحالة شائعة حيث لايوجد اتصال بين مخرج الأرضى من نقطة التعادل والمخارج ... وأيضاً فرض أن مقاومة الأرضى عند نقطة العطل تساوى صفر، كذلك مقاومة الأرضى عند نقطة التعادل تساوى صفر وهذه الحالة نظرية بالكامل ولكن عملياً تكون لمقاومة الأرضى قيمة، فى هذا المثال فرضت $R_1 = 5$ عند نقطة التعادل $R_2 = 5$ عند نقطة العطل وتم حساب I_f :

$$I_f = \frac{V_{ph}}{R_1 + R_2} = \frac{230}{5 + 5} = 23 \text{ A}$$

كما فى شكل (٣ - ٣٨).



شكل (٣-٣٨)

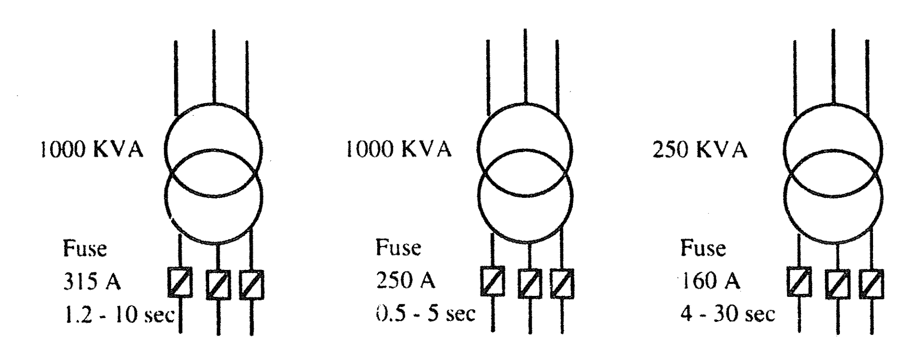
ملخص النتائج للأمثلة في جدول (٣ - ٤):

يوضح جدول (٣ – ٥) تيارات القصر الأرضى لنظم تأريض مختلفة.

جدول (٣ - ٥)

الشبكة	نظام تأريض من خلال موصل PEN (عطل طور مع الأرض)	نظام تأريض من خلال موصل تعادل N (عطل طور مع الأرض)	نظام غير مؤرض (عطل طور مع الأرض)	نظام غير مؤرض (عطل طورين مع الأرض)
محول 1000 KVA كابل $3X240+ 150mm^2$	1900 A	23 A	0.2 A	20 A
محول 1000 KVA كابل $4 X 150mm^2$	1634 A	23 A	0.4 A	20 A
محول 250 KVA كابل $3X95+54.6mm^2$	660 A	23 A	0.1 A	20 A

نظام الحماية لكل محول عبارة عن مصهرات كما فى الشكل من النتائج فى جدول (٣ – ٥) فإن تيارات القصر فى نظام تأريض من خلال موصل PEN تتلائم مع المصهرات والتى بدورها تعمل على عزل العطل.



حساب الجهود عند حدوث الأعطال الأرضية

Calculation of Voltage at earth faults

(أ) نظام مؤرض يحتوي على موصل PEN :

فى هذا النظام يستخدم موصل التعادل لغرض التعادل N (neutral) وأرضى الحماية (protective earth) (PE).

يوضح شكل (٣ – ٣٩) توزيع الجهد (نظرياً) لموصل PEN لنظام ثلاثى الأطوار عند حدوث عطل بين أحد الأطوار والموصل PEN.

فى هذا المثال :

مساحة مقطع موصل PEN مساوياً لمساحة مقطع موصلات الأطوار.

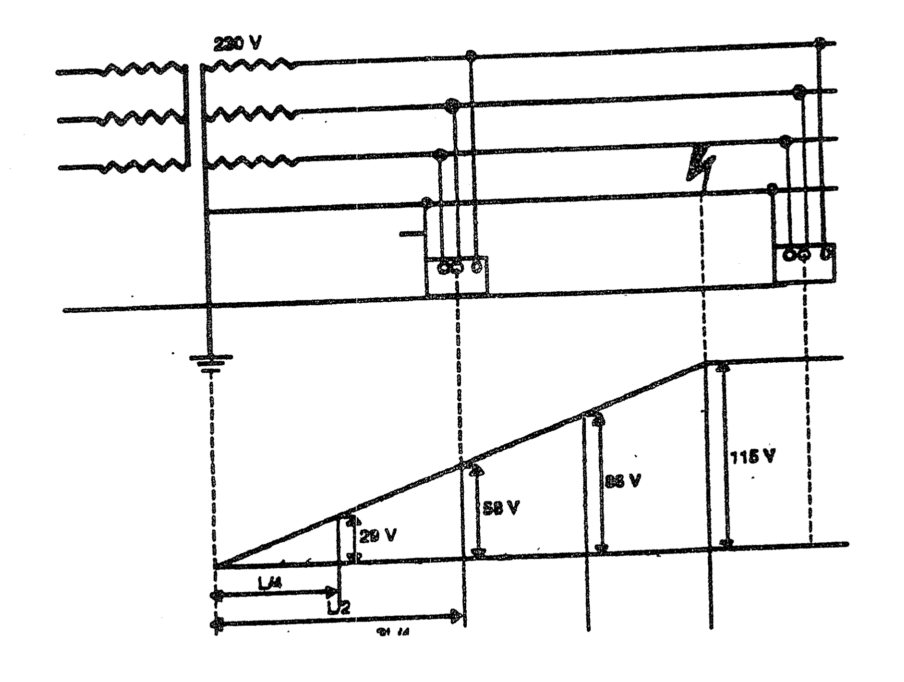
– يؤرض موصل PEN عند نقطة التعادل فقط.

يكون جهد موصل PEN إلى الأرضى عند نقطة العطل $\frac{230}{2} = 115\ V$

وعند مسافة $\frac{L}{2}$ (والتى عندها المعدات محمية بالأرضى) يكون الجهد 58 V الأجزاء المؤرضة المحمية الواقعة عند نقطة العطل أو أبعد مسافة يحدث عندها جهد قيمته 115 ڤولت مع الأرض.

يعتمد الجهد بين الأرضى وموصل PEN على العلاقة بين معاوقة موصل PEN ومعاوقة موصل الطور. إذا كانت معاوقة موصل PEN ضعف معاوقة موصل الطور فإن الجهد عند نقطة القصر سوف تكون $\frac{2 X 230}{3} = 153\ V$ بدلاً من القيمة 115 V وهذا يعنى أن تقليل مساحة مقطع موصل PEN تزيد الجهد.

يكون ضرورياً تأريض موصل PEN عند عدة أماكن لتقليل الجهد إلى الأرض لموصل PEN وللأجزاء المؤرضة للحماية . وذلك عند حدوث قصر



شكل (٣-٣٩) توزيع الجهد لنظام ثلاثي الاطوار عند حدوث عطل بين احد الاطوار والموصل PEN

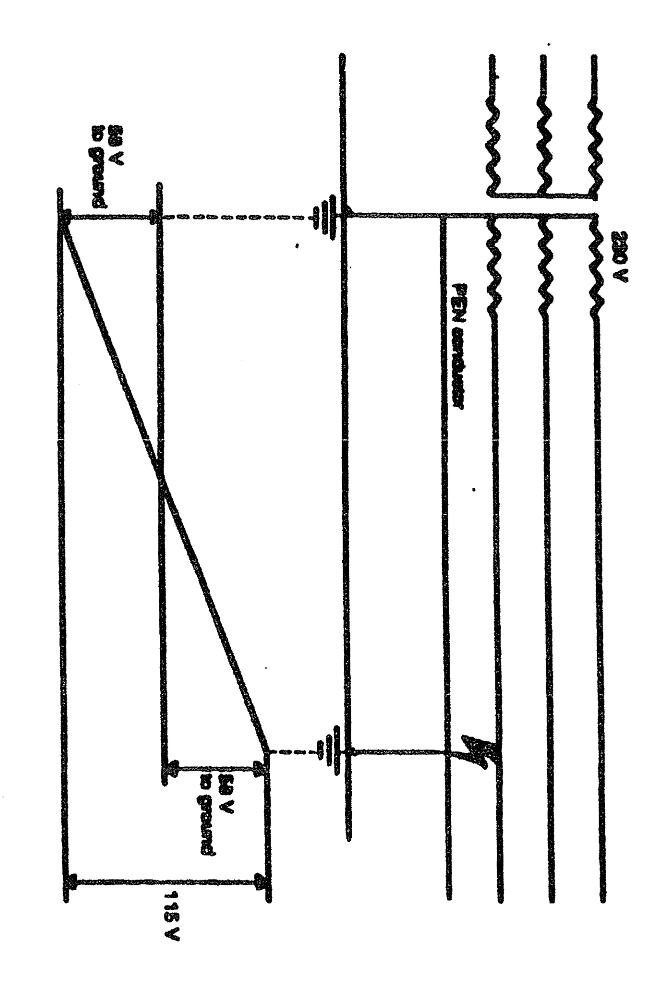
أحد الأطوار والموصل PEN وكذلك إلى حد ما للحماية ضد مخاطر زيادة الجهد والتى تمنع تمزق أو إنهيار موصل PEN .

فى شكل (٣ - ٤٠) فرض أنه يوجد أرضى آخر مقابل لموضع حدوث العطل بين الموصل PEN وأحد الأطوار، بفرض أن مقاومة الأرضى متساوية، فإن الجهد يتوزع كما فى الشكل بحيث يكون 58 V عند موضعى الأرضى ويكون صفر فى منتصف المسافة.

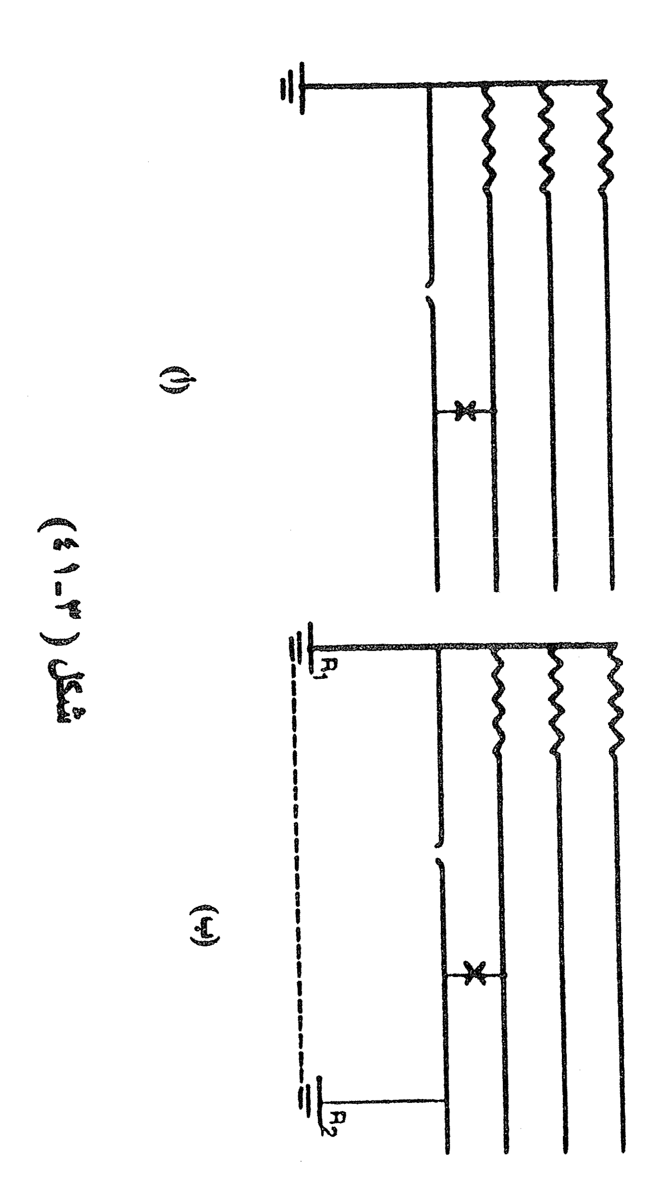
هذه الحالة تعنى أن الأجزاء المتصلة بالموصل PEN عند أى نقطة على الخط أثناء حدوث قصر، لايمكن أن تزيد عن 58 V بالنسبة للأرض. يعتمد الجهد بين الأرض والموصل PEN على العلاقة بين المقاومة عند نقطة التعادل والمقاومة عند نهاية الخط. مثلاً، إذا كانت المقاومة عند نهاية الخط ضعف المقاومة عند نقطة التعادل فإن الجهد عند نقطة العطل يكون $\frac{2 X 115}{3} = 77 V$ ويكون الجهد عند نقطة التعادل 38 V إذا كانت نقطة التعادل هى المؤرضة فقط، فإنه يمكن حدوث قطع فى موصل PEN كما فى شكل (٣ - ٤١) أ ، عندما يكون الطرف الآخر للموصل PEN مؤرضاً أيضاً فإن الجهد الناتج سيحدد بأقل قيمة. إذا تساوت المقاومتين R1 , R2 فى شكل (٣ - ٤١) ب ، وبإهمال الهبوط فى الجهد فى الموصل، فإنه عملياً يكون جهد الموصل PEN نصف جهد الطور بالنسبة للأرضى عند أى مكان. فى حالات أخرى يعتمد توزيع الجهد بجزئى الموصل PEN على العلاقة بين هذه المقاومات.

حساب معاوقة الموصلات Calculation of Conductor impedances:

تحسب ممانعة reactance الموصل طبقاً للمعادلة :



شكل (٣ ـ ٤٠)



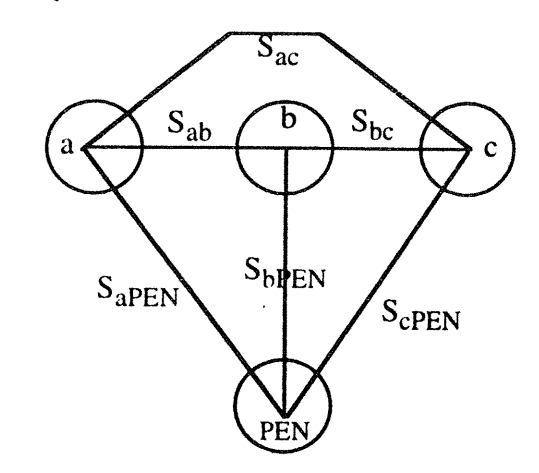
شكل (٣-١٤)

$$X_{PEN} = 0.1447 \quad \log_{10} \frac{GMD_{4C}}{GMR_C} \quad \Omega / Km$$

حيث :

GMR_{4C} = متوسط نصف القطر الهندسى لمسار التوصيل لعدد ٤ موصلات تمثل كمجموعة (بوحدات المتر).

$$GMD_{4C} = \sqrt[6]{S_{ab} * S_{bc} * S_{ca} * S_{aPEN} * S_{bPEN} * S_{cPEN}}$$



GMR_C = متوسط نصف القطر الهندسى لموصل مفرد (بوحدات المتر)

$$\left(m = c \, X \frac{d}{2} \right)$$

حيث :

c = ثابت يعتمد على عدد الأسلاك المجدولة بالموصل

d = قطر الموصل.

يوضح جدول (٣ – ٦) حسابات معاوقة بعض أنواع الكابلات والنسبة بين معاوقة الموصل PEN وموصل الطور.

جدول (٣ – ٦) حساب النسبة بين معاوقة الموصل PEN وموصل الطور

نوع الكابل	القيم الأساسية										القيم المحسوبة					
	C_{PEN}	d_{PEN}	C_p	d_p	S_{ab}	S_{bc}	S_{ca}	S_{aPEN}	S_{bPEN}	S_{cPEN}	GMR_{PEN}	GMD_{4C}	X_{PEN}	GMR_p	X_p	
$3 X 240 + 150 mm^2$	.748	.0145	.746	.0185	.027	.027	.038	.025	.025	.035	.00542	.029	.106	.0071	.089	$\frac{Z_{PEN}}{Z_p} = \frac{.206+j.106}{.125+j.089} = \frac{.232}{.153} = 1.52$
$3 X 95 + 54.6 mm^2$	.726	.0094	.758	.0115	.0154	.0154	.0218	.0143	.0143	.0200	.00341	.0166	.102	.00436	.089	$\frac{Z_{PEN}}{Z_p} = \frac{0.63+j0.102}{0.32+j.0.089} = \frac{.638}{.332} = 1.92$
$4 X 150 mm^2$																$\frac{Z_{PEN}}{Z_p} = 1$

للموصل PEN : C_{PEN} ، d_{PEN}

موصل الطور : C_p ، d_p

وحدات الأطوال بالمتر

وحدات المقاومة والمعاوقة والممانعة : أوم / كم

(ب) نظام مؤرض يحتوي علي مسار تعادل N:

يحتوى هذا النظام على موصل تعادل (N) فقط.

عند حدوث قصر بين طور والأرض، يمر التيار فى الكترود الأرضى. ويكون الجهد الحادث

$V_e = R \times I_f$

بفرض أن $R = 5\ \Omega$ فإن الجهد :

$V_e = 5 \times 23 = 115\ V$

($I_f = 23\ A$ من جدول رقم ٣ – ٥).

(جـ) نظام غير مؤرض:

كما ذكر سابقاً فى تيار القصر الأرضى يعتمد على مقاومة توصيل الأرضى وهذا التيار يكون صغير جداً. وعلى ذلك يكون جهد العطل الأرضى صغير أيضاً.

وعلى ذلك، عند حدوث قصر بين طورين مع الأرض فإن جهد العطل الأرضى لايتغير عند انخفاض قيمة مقاومة الأرضى. تعطى المقاومات الصغيرة تيار قصر عالى ولكن يظل توزيع الجهود كما هو.

فى جدول (٣ – ٥) قيمة تيار القصر لعطل بين طورين مع الأرض يساوى 20 أمبير يأخذ مقاومة الأرضى 5 أوم فإن الجهد خلال الأرضى الواحد يكون$5 \times 20 = 100\ V$ ڤولت. لو فرض أن مقاومة الأرضى تساوى واحد أوم مثلاً فإن التيار المار يصبح $\frac{400/2}{2} = 100\ A$ ويكون الجهد $100 \times 1 = 100\ V$

يمكن أن تتغير مقاومة الأرضى عند نهاية الخط بحد أدنى 5 أوم وبحد أقصى 50 أوم ولقد حسبت جهود العطل الأرضى للأمثلة فى جداول (٣ – ٤) ، (٣ – ٥) ولخصت فى جدول (٣ – ٧) .

جدول (٣ - ٧) جهود الأعطال الأرضية

نظام غير مؤرض (عطل طورين مع الأرض)	نظام غير مؤرض (عطل طور مع الأرض)	نظام تأريض من خلال موصل تعادل N (عطل طور مع الأرض)	نظام تأريض من خلال موصل PEN (عطل طور مع الأرض)	الشبكة
100	1 - 10 V	115 - 210 V	58 - 139 V	1000 KVA 3X240+ 150mm^2
100	2 - 20 V	115 - 210 V	58 - 115 V	1000 KVA 4 X 150mm^2
100	0.5 - 5 V	115 - 210 V	58 - 151 V	250 KVA 3 X95 + 54.6mm^2

الباب الرابع

انحدارات الجهد

Voltage dips

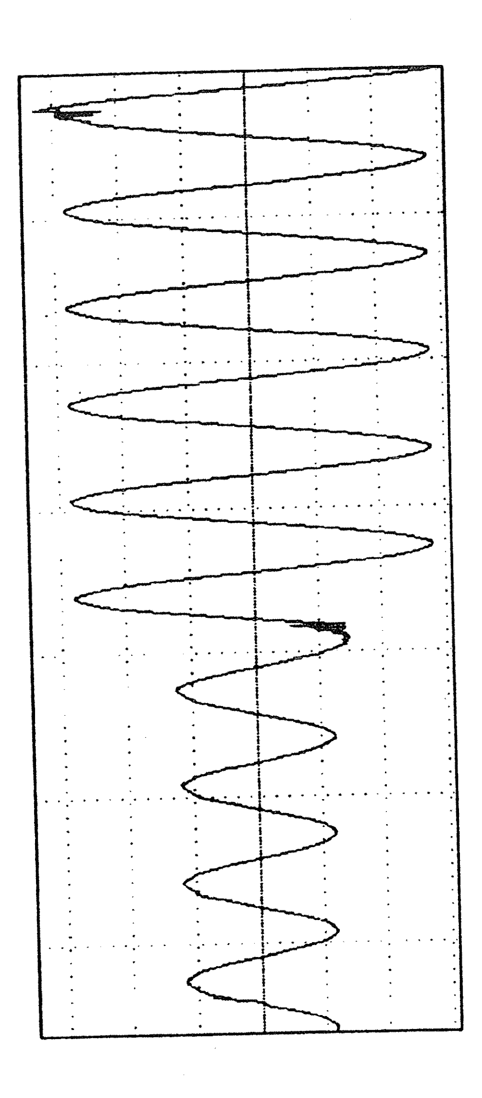
مقدمة:

تعتبر انحدارات الجهد من أكثر مشاكل جودة التغذية أهمية لتأثيرها على الكثير من العمليات الصناعية لدى المستهلكين. فمن المعدات الحديثة المستخدمة فى المصانع : المتحكمات فى العمليات (Process controller) ، المتحكمات المنطقية المبرمجة (programmable logic controllers) مديرات السرعة المتغيرة (adjustable speed drives ASD) والروبوت (robotics)، والتى أصبحت أكثر حساسية للانحدارات فى الجهد بالإضافة إلى الزيادة فى تعقيد مكونات الأجهزة وكذلك الربط بين الأجهزة بطرق معقدة وصعبة.

إنه من المهم التفريق بين الانقطاعات (interruption) [والتى تعنى الضياع الكامل للجهد] وبين الانحدارات فى الجهد. يحدث الانقطاع عند اشتغال أجهزة الوقاية وعزلها للدائرة المغذية لمشترك محدد. وهذا يحدث فقط عند وجود عطل على الدائرة. بينما يحدث الانحدار فى الجهد خلال فترة العطل للأعطال الحادثة على جزء شاسع من الشبكة الكهربائية المغذية.

تؤدى الأعطال على الدوائر المتصلة على التوازى أو على شبكات النقل إلى حدوث انحدارات فى الجهد ولا تؤدى إلى عزل أو فصل التغذية. وعلى ذلك فإن انحدارات الجهد تكون متكررة بعدد كبير أكثر من الانقطاعات. إذا كانت المعدات ذات حساسية للانحدار فى الجهد فإن المشاكل المتكررة تكون كثيرة جداً إذا كانت الأجهزة مصممة فقط للإحساس بالانقطاعات.

يوضح شكل (٤ – ١) تمثيل لموجة جهد تحتوى على انحدار جهد.



شكل (٤-١) تمثيل لموجة جهد تحتوي على انحدار جهد

تعريف انحدارات الجهد Definition of Voltage dips (sags):

سنتعرض لأغلب التعريفات التى ذكرت عن انحدارات الجهد :

فى بعض الأبحاث أطلق على الانحدار (Dive voltage) .

وطبقاً للمواصفات القياسية IEC أطلق على الانحدارات dips بينما المواصفات القياسية IEEE سمى sags على انحدارات الجهد.

1. (ANSI Std. IEEE 1100 - 1992) A RMS reduction in the AC voltage, at the power frequency, for duration from a half a cycle to a few seconds,

1. Voltage can drop below normal level for several cycles and can affect the critical load to cause shutdown.
2. With electronically controlled equipment, voltage under 20% below normal will result in shutdown.

طبقاً للمواصفات القياسية العالمية IEEE 1100 عرف انحدار الجهد بأنه الإنخفاض فى جذر متوسط مربعات الجهد المتردد عند تردد التغذية لفترة من نصف دورة إلى بضع ثوانى :

١ – يمكن أن يهبط الجهد إلى قيمة أقل من المستوى العادى لعدة دورات ويمكن أن يؤثر فى الأحمال الحرجة ويؤدى إلى انفصالها.

٢ – للمعدات المتحكم فيها الكترونياً ، سيؤدى انخفاض الجهد إلى أقل من ٢٠ ٪ عن القيمة الاسمية إلى الفصل.

---

2. A voltage dip is a momentary decrease in voltage magnitude outside of normal equipment tolerance.

انحدار الجهد هو الانخفاض اللحظى فى قيمة الجهد خارج حدود السماحية العادية للأجهزة.

---

3. A voltage dip is a decrease between 0.1 and 0.9 pu in rms voltage or current at the power frequency for duration from 0.5 cycle to 1 min.

انحدار الجهد هو الانخفاض مابين ٠,١ و ٠,٩ وحدة كسرية من جذر متوسط مربعات الجهد أو التيار عند تردد المصدر لفترة من ٠,٥ دورة إلى دقيقة.

---

4. A voltage dip is a partial reduction in rms voltage that usually lasts from 0.5 to 30 cycles.

انحدار الجهد هو الانخفاض الجزئى فى جذر متوسط مربعات الجهد والذى عادة يدوم من ٠,٥ إلى ٣٠ دورة.

---

5. A voltage dip is a low-voltage condition lasting from one to several cycles.

انحدار الجهد هو حالة انخفاض الجهد لفترة من دورة إلى عدة دورات.

---

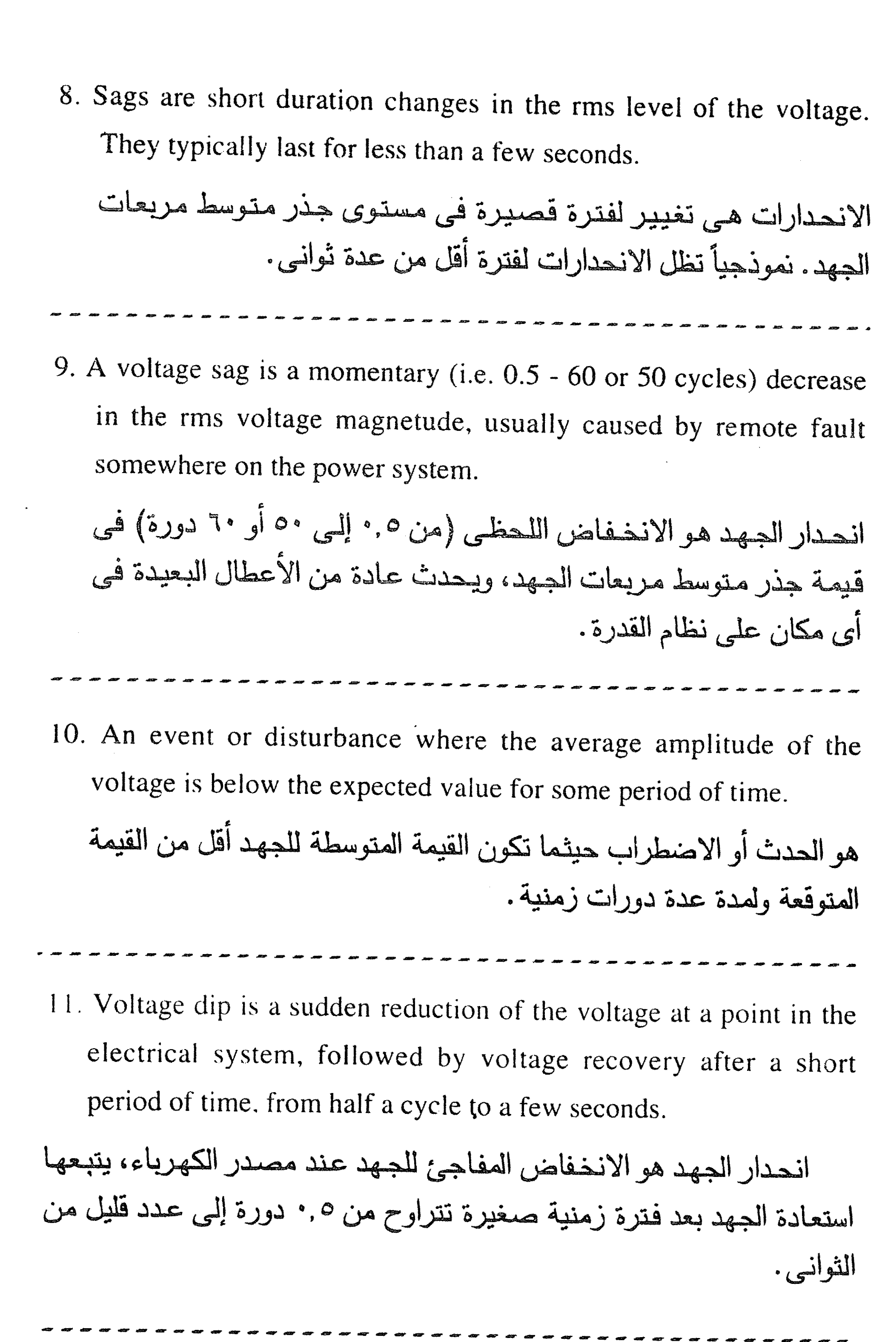
6. A voltage dip is a short duration decrease in voltage values.

انحدار الجهد هو الانخفاض فى قيمة الجهد لفترة قصيرة.

---

7. A voltage dip is a reduction in voltage envelope. The duration is usually from one cycle to a few seconds.

انحدار الجهد هو الانخفاض فى غلاف الجهد، عادة لفترة من دورة واحدة إلى عدة ثوانى.



8. Sags are short duration changes in the rms level of the voltage. They typically last for less than a few seconds.

الانحدارات هى تغيير لفترة قصيرة فى مستوى جذر متوسط مربعات الجهد. نموذجياً تظل الانحدارات لفترة أقل من عدة ثوانى.

---

9. A voltage sag is a momentary (i.e. 0.5 - 60 or 50 cycles) decrease in the rms voltage magnetude, usually caused by remote fault somewhere on the power system.

انحدار الجهد هو الانخفاض اللحظى (من ٠,٥ إلى ٥٠ أو ٦٠ دورة) فى قيمة جذر متوسط مربعات الجهد، ويحدث عادة من الأعطال البعيدة فى أى مكان على نظام القدرة.

---

10. An event or disturbance where the average amplitude of the voltage is below the expected value for some period of time.

هو الحدث أو الاضطراب حيثما تكون القيمة المتوسطة للجهد أقل من القيمة المتوقعة ولمدة عدة دورات زمنية.

---

11. Voltage dip is a sudden reduction of the voltage at a point in the electrical system, followed by voltage recovery after a short period of time, from half a cycle to a few seconds.

انحدار الجهد هو الانخفاض المفاجئ للجهد عند مصدر الكهرباء، يتبعها استعادة الجهد بعد فترة زمنية صغيرة تتراوح من ٠,٥ دورة إلى عدد قليل من الثوانى.

---

12. Voltage dip amplitude (in%) = $\dfrac{100\,(\text{V nominal} - \text{V real})}{\text{V nominal}}$

قيمة انحدار الجهد (كنسبة) = ١٠٠ (الجهد المقنن – الجهد الحقيقى) / الجهد المقنن

---

13. Sag. is the disappearance of the supply voltage for a period of time not exceeding 1 min.

انحدار الجهد هو ضياع جهد المصدر لدورة زمنية لاتتعدى الدقيقة.

---

14. Voltage dip is defined as percentage of the nominal voltage

$$\text{voltage dip} = \frac{(\text{Nominal voltage}) - (\text{voltage during dip})}{\text{Nominal voltage}} \times 100$$

يعرف انحدار الجهد كنسبة من الجهد الأساسى

انحدار الجهد = (الجهد الأساسى – الجهد عند حدوث انحدار) / الجهد المقنن

---

15. A voltage dip is a sudden reduction of the rms voltage value below 90% of the nominal value, followed by return to a value higher than 90% of the nominal, in a time varying from 10 ms to 60 s.

انحدار الجهد هو الانخفاض المفاجئ فى قيمة جهد جذر متوسط المربعات لأقل من ٩٠ ٪ من الجهد الأساسى. يتبعها عودة القيمة إلى أعلى من ٩٠ ٪ من الجهد الأساسى، لفترة زمنية تتغير من ١٠ مللى ثانية إلى ٦٠ ثانية.

أمثلة لانحدارات الجهد:

إن الاصطلاح الفنى المستخدم لوصف قيمة انحدار الجهد غالباً يكون مشوشاً. فمثلاً ٢٠٪ انحدار جهد هل تعنى أن الجهد ٠,٨ وحدة كسرية (per unit) أو ٠,٢ وحدة كسرية. الاصطلاح الفنى المفضل والذى لايدعو إلى أى تشويش أو شك لمستوى الجهد الناتج أن يقال «انحدار فى الجهد حتى ٠,٨ وحدة كسرية (a sag to 0.8 p.u) أو أن «قيمة الانحدار ٢٠٪ » (a sag whose magnitude was 20%) عندما لاينص على أى من الاصطلاحين ، فإن ٢٠٪ انحدار جهد (20% sag) تعنى حدوث حدث خلال انخفاض الجهد rms بقيمة ٢٠٪ أى أن قيمة الجهد المتبقى ٠,٨ وحدة كسرية. وعندئذ يجب أن يكون الجهد المقنن أو الأساسى معرفاً.

عادة تحدث انحدارات الجهد عند حدوث أعطال بالشبكة أو عند التحميل بأحمال عالية أو عند بداية تشغيل محركات كبيرة أو إمداد المحولات بالطاقة.

يوضح شكل (٤ - ٢) شكل موجه الجهد أثناء حدوث انحدار فى الجهد وفترة استمرارها وقيمتها والمسجلة أثناء حدوث عطل بعيد على الشبكة (استمر الانحدار حوالى ٧ دورات) بينما يوضح شكل (٤ - ٣) انحدار فى الجهد صاحب حدوث قصر طور مع الأرض حدث على مغذى آخر من نفس محطة المحولات. ويستمر ٨٠٪ من الانحدار الحادث لمدة ثلاثة دورات حتى يمكن لقاطع تيار المحطة أن يعزل العطل. ويكون الزمن النموذجى لعزل العطل من ثلاثة إلى ثلاثين دورة اعتماداً على قيمة تيار العطل ونوع الحماية المستخدمة ضد زيادة التيار.

يبين شكل (٤ - ٤) تأثير بداية تشغيل محرك كبير على قيمة الجهد. يسحب المحرك التأثيرى (Induction motor) خلال بداية التشغيل من ٦ إلى ١٠ مرات تيار التحميل الكامل للمحرك.

يوضح شكل (٤ - ٥) تسجيل انحدار الجهد الناتج عن تشغيل محرك، حيث ينخفض الجهد ثم يسترجع تدريجياً، ويلاحظ أن منحنيات الجهد للثلاثة أطوار متشابهة تقريباً نتيجة أن أحمال الثلاثة أطوار للمحرك تكون متزنة.

ويوضح شكل (٤ – ٦) تسجيل انحدار الجهد الناتج عند مد محول بالطاقة (transformer energizing) حيث ينحد الجهد بشدة ثم يستعاد ببطئ. ويلاحظ اختلاف انحدار الجهد للثلاثة أطوار وهذا يرجع إلى : عند إمداد المحول بالطاقة تختلف التيارات الدافعية (inrush currents) فى الأطوار الثلاثة والتى تحتوى على التوافقيات الثانية والرابعة بقيم مرتفعة. هذه التوافقيات الزوجية تؤثر بالراجع على الجهد المسجل.

إذا كانت قيمة التيار كبيرة مقارنة بتيار العطل الحادث على الشبكة عند نفس الموضع، فإن النتيجة تكون حدوث انحدار فى الجهد واضحاً ومميزاً.

فى هذه الحالة، يصل جهد الانحدار لحظياً إلى ٨٠٪ ثم يعود تدريجياً إلى القيمة الأساسية لمدة ٣ ثوانى تقريباً. لاحظ الاختلاف فى هذه الحالة عن حالة الانحدار الحادث نتيجة عطل على شبكة التغذية.

أسباب حدوث انحدارات الجهد Causes of Voltage dips (sags):

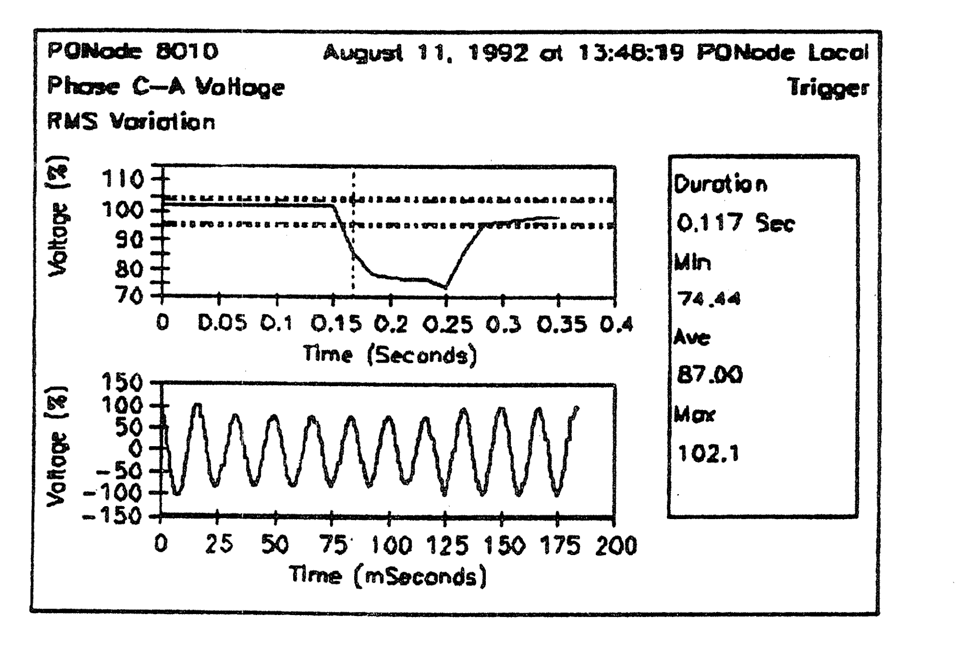
عموماً لايسبب انحدار الجهد لفترة قصيرة مشاكل للإضاءة باللمبات المتوهجة ولا للمحركات الصغيرة، ولكنه يمكن أن يسبب الانقطاع الكافى للحاسبات الآلية والمعدات الالكترونية الحساسة الأخرى.

يحدث انحدار الجهد إما بسبب مصدر التغذية أو بسبب الشبكة الداخلية للمستهلك.

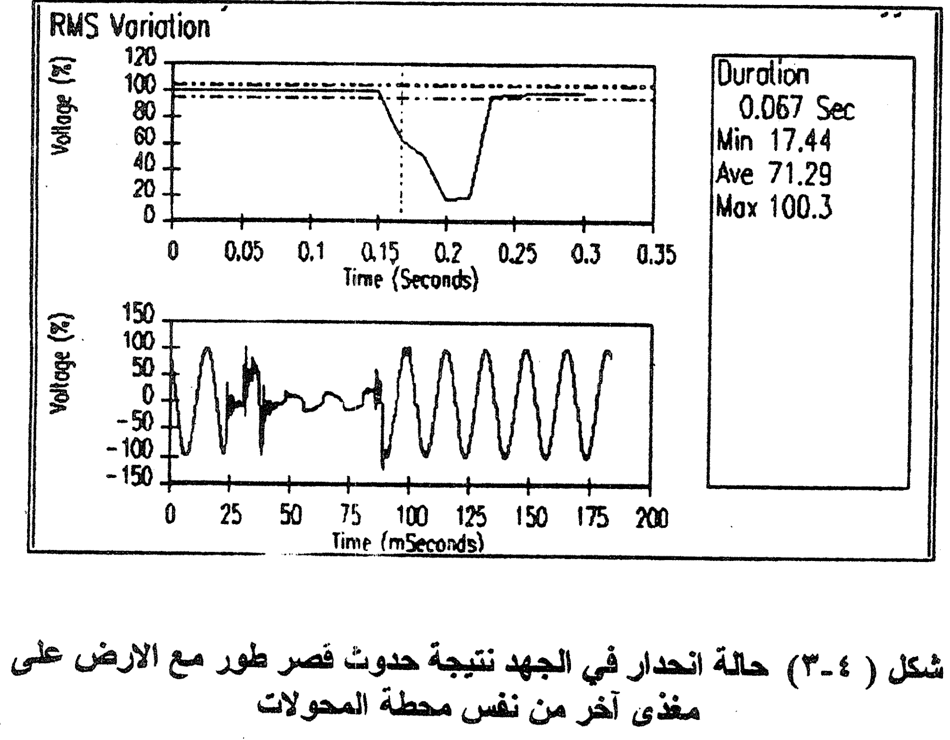
الأسباب الناتجة عن مصدر التغذية:

* حالات القصر التى تؤدى إلى انفصال الدائرة الكهربائية.
* الحالات الجوية الخارجية مثل الصواعق والرياح والتى تؤدى إلى انفصال الدائرة الكهربائية.
* انقطاع خط التغذية نتيجة سقوط الأشجار أو .....

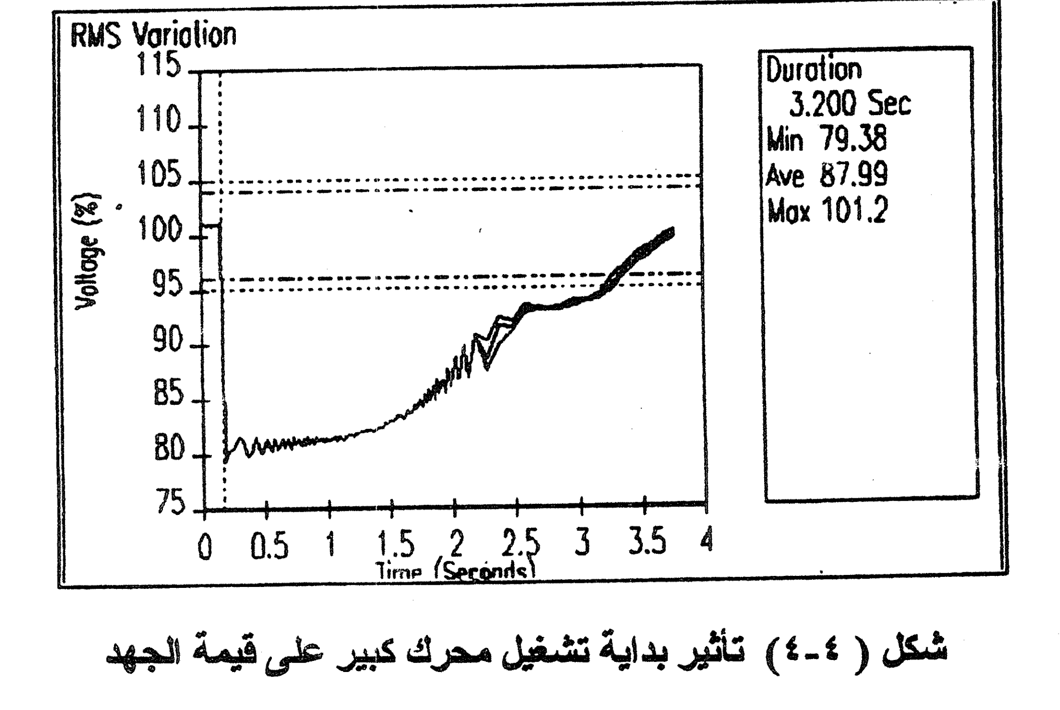
وعادة تكون هذه الأعطال غير متوقعة وغير متحكم فيها.



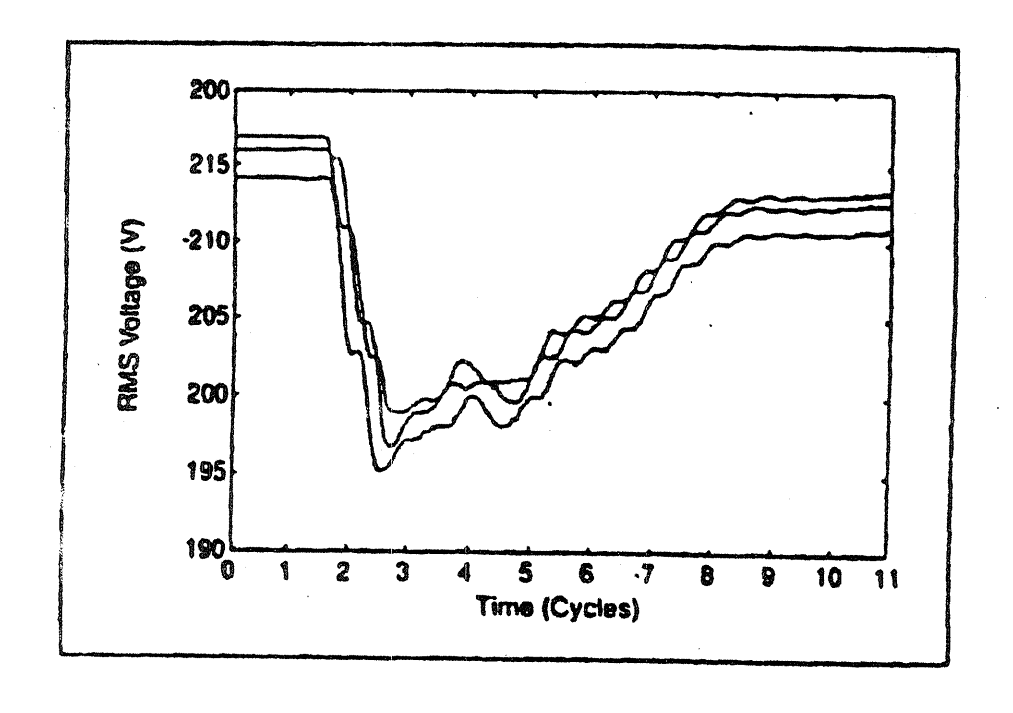
شكل (٤-٢) منحنى انحدار الجهد الحادث نتيجة عطل ارضى على بعد من محطة التغذية (فترة الانحدار ٧ دورات)



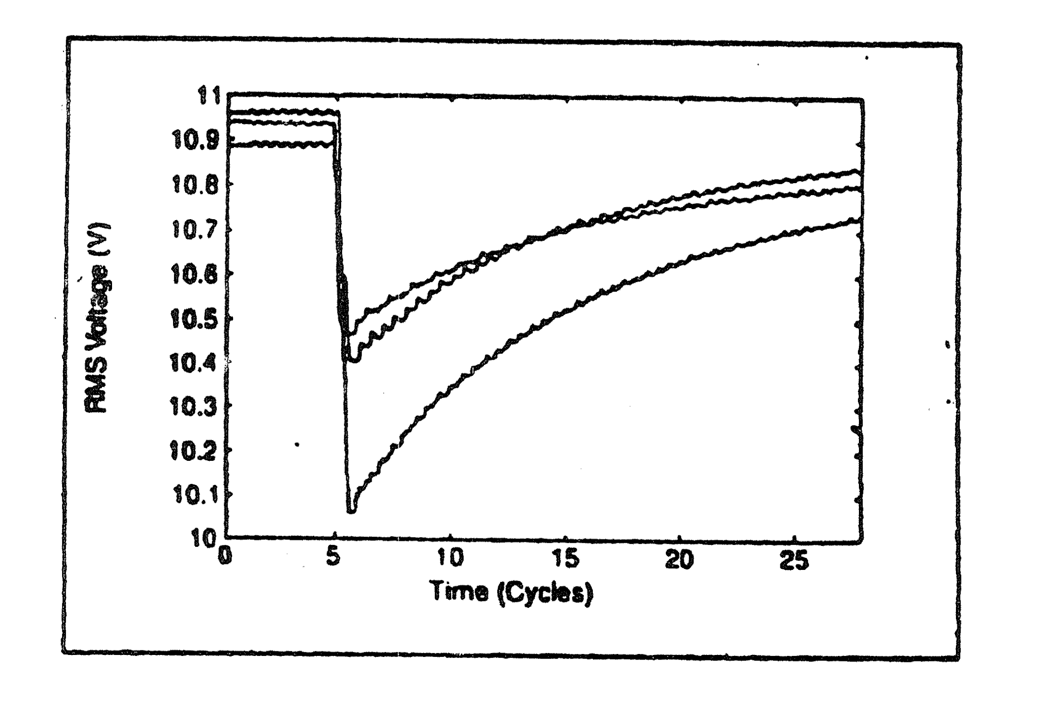
شكل (٤-٣) حالة انحدار في الجهد نتيجة حدوث قصر طور مع الارض على مغذى آخر من نفس محطة المحولات



شكل (٤-٤) تأثير بداية تشغيل محرك كبير على قيمة الجهد



شكل (٤-٥) تسجيل انحدار الجهد الناتج عن تشغيل محرك



شكل (٤-٦) تسجيل انحدار الجهد الناتج عن بداية تشغيل محول

الأسباب الناتجة عن المستهلك:

* عند بداية تشغيل محركات كبيرة.
* زيادة فجائية فى الأحمال.
* تشغيل الأحمال الالكترونية التى تسحب تيار عالى مثل آلات التصوير، والطابعات الليزر.
* التربيطات غير الجيدة (loose wiring).

نموذجياً تحدث الانحدارات فى الجهد بسبب حالات الأعطال. أيضاً يمكن أن يصاحب بداية تشغيل المحركات الكبيرة حدوث انخفاض فى الجهد والذى يكون له فترة استمرار أطول من ٦٠ دورة. وقيمة الجهد المصاحبة له ليست منخفضة بدرجة كافية. غالباً ترجع تغيرات الجهد أثناء تشغيل المحركات إلى الارتعاش فى الجهد (voltage flicker) وخاصة إذا كانت طبيعة تشغيل المحرك متكررة.

تعتمد قيمة جهد الانحدار (الناشئ على شبكة التغذية) على موقع المستهلك بالنسبة لمكان العطل. كلما كان موضع المستهلك قريباً من نقطة حدوث العطل كلما كبر جهد الانحدار. إذا حدث عطل (قصر) عند محطة التغذية فإن قيمة جهد الانحدار تتساوى على كل الدوائر وتساوى جهد النظام.

يوضح شكل (٤ – ٧) تمثيل لمكان عطل بالشبكة ونسبة انحدارات الجهد تبعاً للبعد عن العطل بينما يبين شكل (٤ – ٨) العلاقة بين بعد العطل وانحدار الجهد لأنواع أعطال مختلفة.

يوضح شكل (٤ – ٩) مكونات شبكة توزيع كهربائية.

يمكن أن تحدث الأعطال الناتج عنها انحدارات فى الجهد إما داخل المصنع أو المنشأة وإما على شبكة مصدر التغذية. تظل حالة انحدار الجهد حتى يعزل العطل عن طريق اشتغال أجهزة الوقاية. فى المصانع عادة تكون الوقاية عبارة عن مصهرات (fuses). فى شبكات التغذية الكهربائية يمكن أن يتم عزل العطل إما عن طريق مصهرات فرعية (branch fuse) أو عن طريق قواطع التيار (circuit breaker). فى حالة استخدام سكاكين إعادة التوصيل على حمل (reclosing breaker) بشبكات التغذية، فإن حالة انحدار الجهد تحدث مرات متعددة، ولفترات زمنية متغيرة، كما فى شكل (٤ – ١٠). أيضاً فإن الأعطال الحادثة بشبكات التوزيع تحدث انحدارات فى الجهد يكون من الصعوبة تحديد

خصائصها من حيث بيانات القيمة وفترة الاستمرار وذلك لأن خصائص العطل تتغير مع الزمن، كما فى شكل (٤ – ١٠).

تؤثر الأعطال الحادثة على شبكات النقل في عدد أكبر من المشتركين. حيث يتعرض المستهلكين على بعد مئات الأميال من العطل إلى التأثر بانحدارات الجهد والذى ينتج عنه الأداء الخاطئ للأجهزة.

يوضح شكلى (٤ – ١١) ، (٤ – ١٢) تسجيل انحدار الجهد المصاحب لقصر أحادى الطور (Single phase fault) حيث انحدر الجهد بشدة لطورين ثم استعاد بشدة بعد عدة دورات قليلة. يحدث انحدار واستعادة الجهد عند بداية العطل وعندما يعزل العطل على التوالى، ويكون الجهد ثابت خلال الحدث، ويستعاد لحظياً. ويختلف هذا الشكل من حالة إلى أخرى. ويكون متزناً تقريباً فى حالة عطل للثلاثة أطوار.

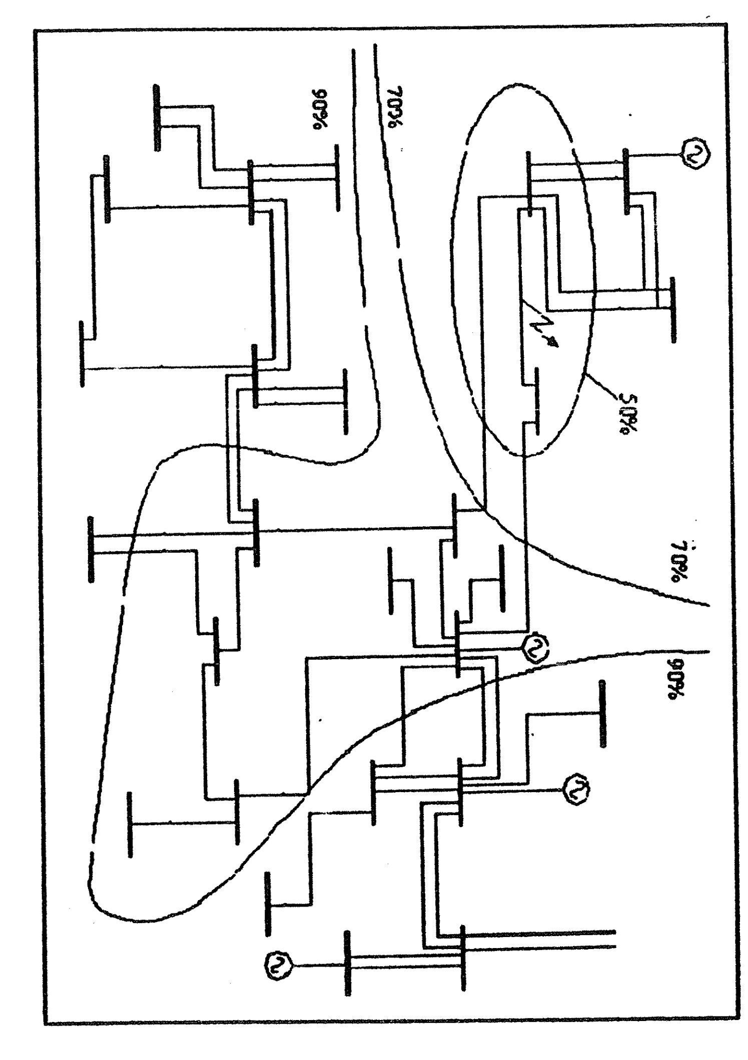
من المعروف أن أخطر حالات الانحدار تحدث نتيجة حالات القصر وأعطال الأرضى. يعتمد انحدار الجهد على طريقة توصيل الحمل ثلاثى الأطوار: هل موصل على شكل دلتا (delta) أو موصل على شكل نجمة (Star). يوضح شكل (٤ – ١٣) أ رسم اتجاهى لعطل أحادى الطور فى حالة التوصيل نجمة (Y) حيث حدث انحدار لأحد الأطوار فقط بينما لم يتأثر الطورين الأخرين، تعرضت التوصيلة دلتا (D) إلى انحدار جهد لعدد ٢ طور بينما الطور الثالث لم يتأثر.

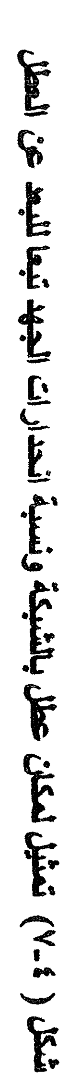
عند حدوث عطل بين طورين (phase - to - phase fault) يكون الرسم الاتجاهى كما فى شكل (٤ – ١٣) ب حيث تعرضت الأحمال المتصلة على شكل نجمة (Y) إلى هبوط جهد لعدد ٢ طور، وللتوصيلة دلتا (D) حدث هبوط جهد لأحد الأطوار بينما هبوط بسيط فى الطورين الآخرين.

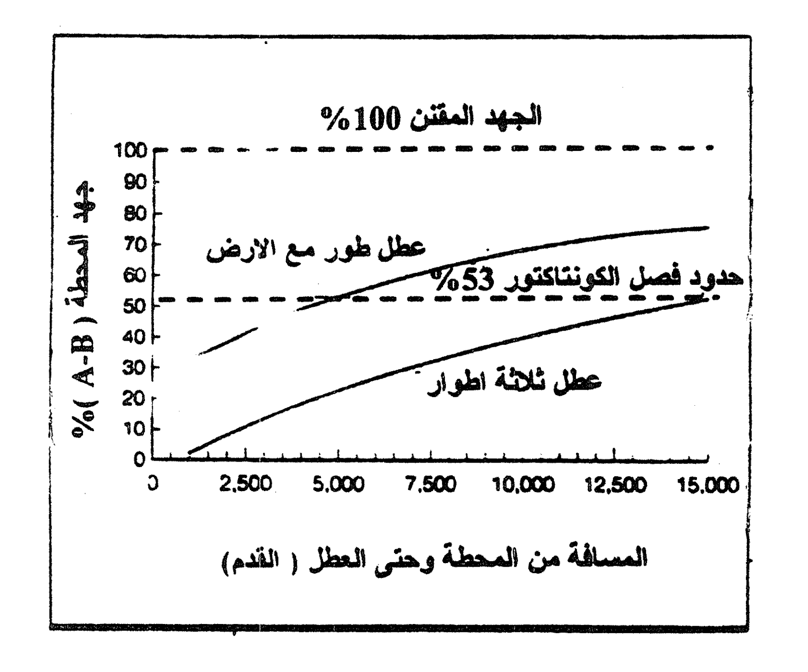
يلاحظ مما سبق :

– يتشابه انحدار الجهد الحادث من عطل بين طورين لحمل متصل نجمة مع انحدار الجهد الحادث من عطل أحادى الطور لحمل متصل دلتا ولذا لايمكن التمييز بين هاتين الحالتين عن طريق تسجيل ومراقبة الجهد فقط.

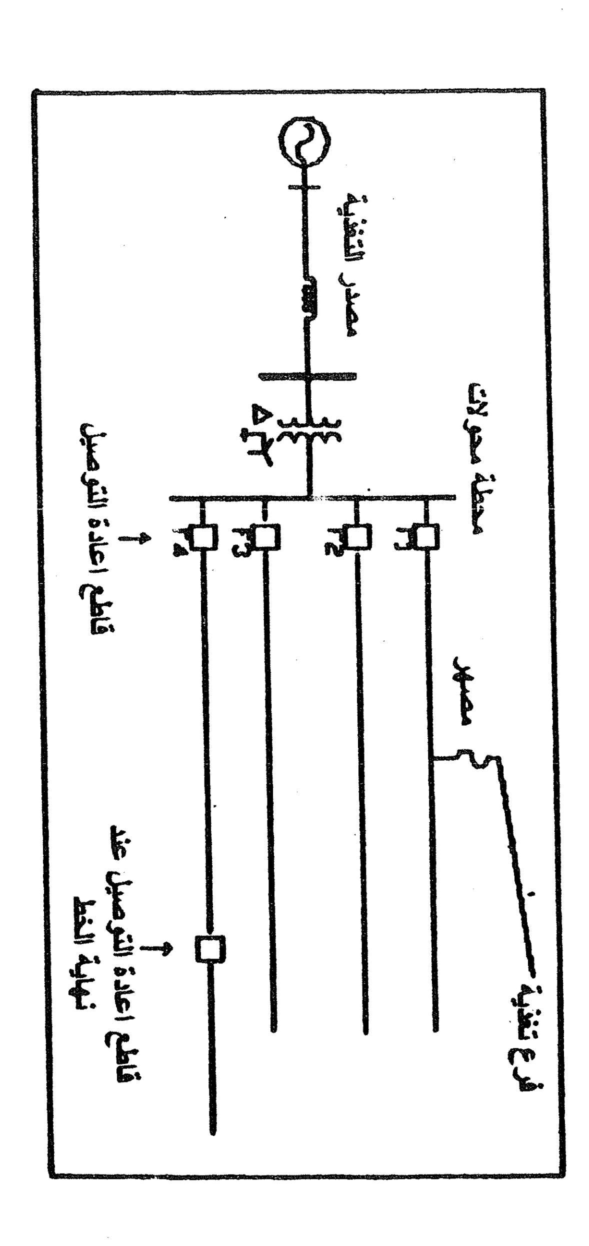
عموماً إن أكثر الأعطال حدوثاً على شبكات التغذية هى أعطال طور مع الأرض (SLGF) (single line - to - ground faults) بينما تكون الأعطال على الأطوار الثلاثة (Three phase faults) أكثر شدة وخطورة ولكن حدوثها أقل



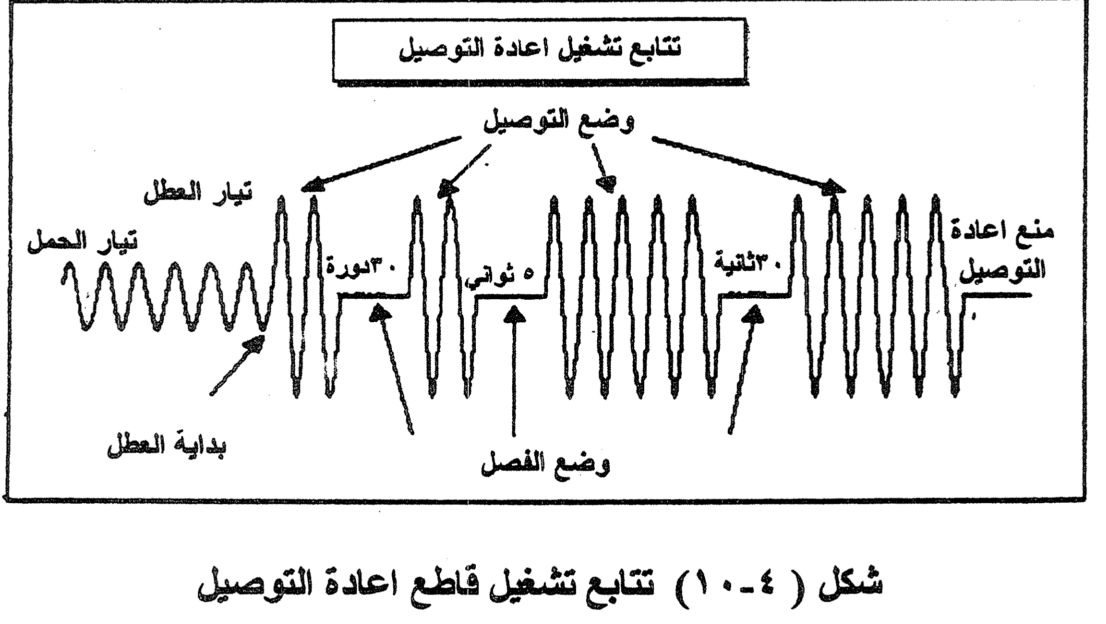

شكل (٤-٧) تمثيل لمكان عطل بالشبكة ونسبة انحدارات الجهد تبعا للبعد عن العطل



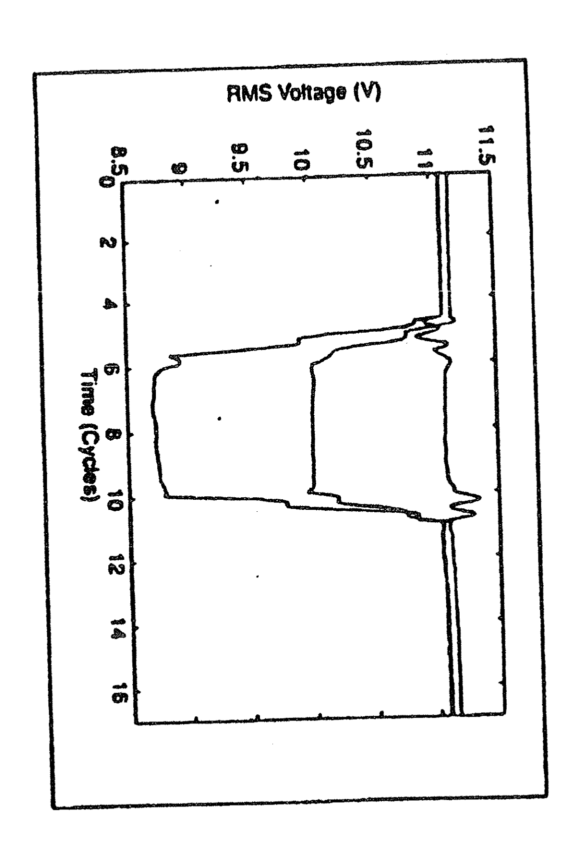
شكل (٤-٨) العلاقة بين انحدار الجهد الشديد والمسافة من المحطة وحتى العطل



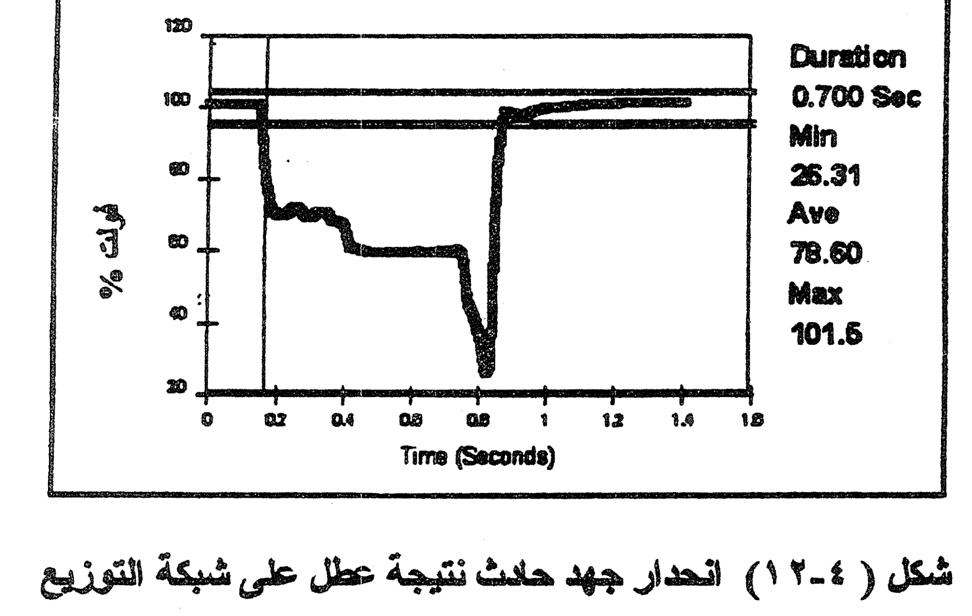
شكل (٤-٩) شبكة توزيع نموذجية مسجل عليها أنواع أجهزة الحماية



شكل (٤-١٠) تتابع تشغيل قاطع اعادة التوصيل



شكل (٤-١١) تسجيل انحدار الجهد المصاحب لقصر احادى الطور



شكل (٤-١٢) انحدار جهد حادث نتيجة عطل على شبكة التوزيع

كثيراً. عادة تحدث أعطال SLGF من الحالات الجوية المحيطة مثل الصواعق (lightning) ، الرياح (wind)، .....

أيضاً من أسباب حدوث أعطال SLGF تلوث العازلات ، وتلامس الحيوانات للأجزاء الحية للكهرباء والحوادث الناتجة أثناء عمليات الحفر والإنشاءات. وعلى الرغم من الجهود المبذولة من شركات بيع الكهرباء لمنع حدوث أعطال على الشبكة الكهربائية إلا أنه لايمكن منعها بالكامل. فعادة تكون هذه الأعطال اضطرارية.

وعلى ذلك فإن الأعطال (وبالتالى انحدارات الجهد) تكون غير متوقعة وعليه يجب على المصنع أو المنشأة أو المشترك عموماً أن يجهز المعدات ذات الحساسية ضد الانحدارات فى الجهد بالحماية والوقاية الكافية.

سلوك الجهد لدي منشأة أثناء حدوث عطل طور مع الأرض علي شبكة التغذية:

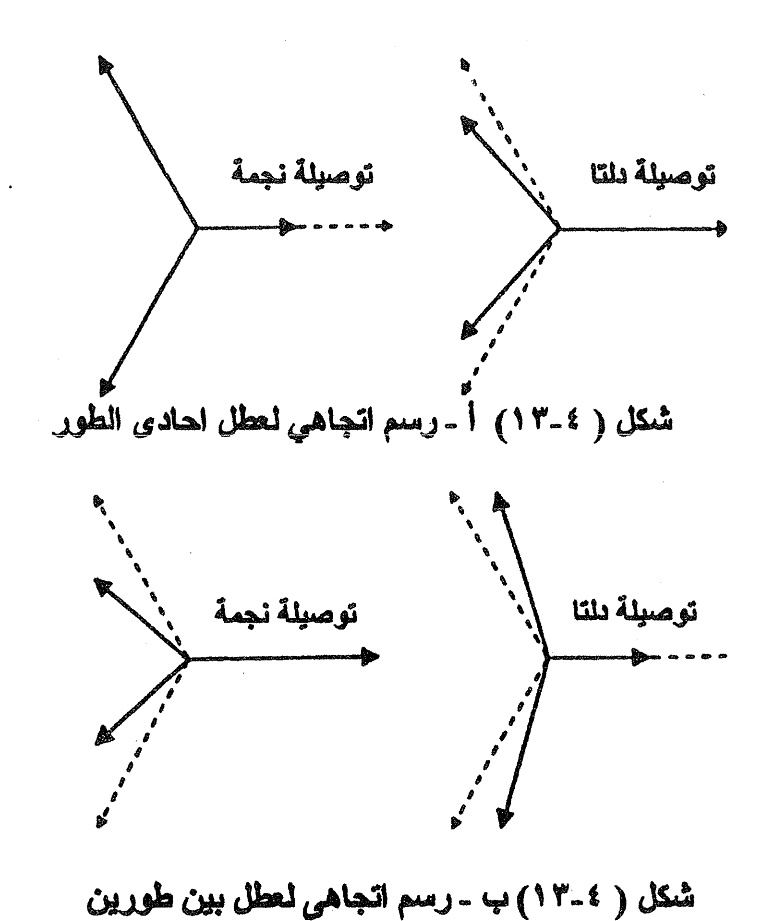
تكون الأعطال الأكثر شيوعاً بشبكة التغذية هى أعطال طور مع الأرض والتى تؤدى إلى انحدارات الجهد بالمصانع. من المعروف أن جهد الطور العاطل يصل إلى الصفر عند موضع حدوث العطل، بينما يعتمد الجهد عند المحطة المغذية (وعلى خطوط التوازى) على مسافة موضع العطل من المحطة.

ويعتمد جهد الطور العاطل، لشبكات النقل، على المعاوقة (impedance) الكلية للشبكة. تكون المتغيرات الكهربائية الهامة للمعدات الحساسة هى قيمة الجهد عند قضبان (Bus bars) المصنع (المشترك). يعتمد هذا الجهد على طريقة توصيل المحول بين النظام العاطل وبين قضبان المصنع. فى أعطال نظم التوزيع، فإن أسوأ حالة تحدث كلما كان العطل أقرب إلى قضبان المحطة. فعلياً فإن هذه الحالة تشبه حدوث عطل قرب مداخل محول التوزيع المغذى للمشترك. يعتمد جهد القضبان عند المشترك على توصيله محول التوزيع (Transformer connection or voltage group) والموضحة فى جدول (٤ - ١) والمفترض به حدوث عطل على الطور a بالمدخل الابتدائى للمحول.

العلاقات الموضحة بجدول (٤ - ١) تكون هامة جداً ويلاحظ من الجدول الآتى:

١ - فى حالة التوصيلة Δ $Y_{//}$ وصل جهد الملف الثانوى للمحول إلى الصفر.

٢ - تعتمد قيمة أقل جهد على الملفات الثانوية للمحول على العلاقة:



شكل (٤-١٣) أ - رسم اتجاهي لعطل احادى الطور

شكل (٤-١٣) ب - رسم اتجاهى لعطل بين طورين

جدول (٤ - ١)

تأثير التوصيلة الاتجاهية للمحولات

الرسم الاتجاهي	الجهد بين طور والتعادل			الجهد بين طورين			التوصيلة الاتجاهية	
	V_a	V_b	V_c	V_{ab}	V_{bc}	V_{ca}	الابتدائى	الثانوى
c, 120°, a, b	0.0	1.0	1.0	0.58	1.0	0.58	a, a	a, a
c, 158°, a, b	0.33	0.88	0.88	0.58	1.0	0.58	a, a, a	a, a, a
c, b, a	--	--	--	0.33	0.88	0.88	a, a	a, a
c, 190°, a, b	0.58	1.0	0.58	0.88	0.88	0.33	a, a	a, a

$$\alpha = \frac{X_T}{X_T + X_S} \quad 0 < \alpha < 1$$

حيث :

X_T = مفاعلة دائرة القصر للمحول

(Transformer short circuit reactance)

X_S = المفاعلة المكافئة للمصدر

(Source equivalent reactance)

فى شبكات التوزيع للمصانع تكون هذه النسبة عادة قريبة جداً من الواحد الصحيح. وقد وضعت البيانات بجدول (٤ - ١) على هذا الأساس.

٣ - فى حالة حدوث أعطال SLGF على المداخل الابتدائية للمحول، فإن جهد الانحدار عند المشترك لن يقل عن ٣٣٪ من قيمة الجهد المقنن.

حساسية المعدات والأجهزة لانحدارات الجهد:

تكون معدات العمليات الصناعية ذى حساسية خاصة للمشاكل الناتجة عن انحدارات الجهد لأن هذه المعدات متصلة داخلياً، وأى فصل لمكون فى هذه العمليات يسبب وقف كامل للمصنع. من أمثلة هذه الصناعات : صناعة البلاستيك والبتروكيماويات والغزل والنسيج والورق والمطاط والمكونات شبه الموصلة (semiconductor) و .....

يمكن للأحمال الهامة أن يقل تأثيرها عندما :

أ - تغذى الأحمال ثلاثية الأطوار (3-phase) مثل المحركات وعناصر التسخين و .... مباشرة من قضبان الجهد المنخفض.

ب - تغذى الأجهزة الالكترونية مثل مديرات السرعة المتغيرة (ASD) ، والتى تحتاج إلى مصدر ثلاثى الأطوار، مباشرة من قضبان الجهد المنخفض أو من خلال محول عزل (Isolation Transformer) .

جـ - غالباً تستخدم الإضاءة توصيلة أحادية الطور تغذى من طور والتعادل (phase to neutral).

د - تغذى الأحمال الحساسة مثل أجهزة التحكم والحاسبات الآلية والمتحكمات المنطقية المبرمجة (PLC) من خلال محول تحكم أحادى الطور (single phase control transformer).

تعتمد الجهود الحادثة خلال حالة انحدار الجهد على توصيلة المعدات. يوضح جدول (٤ - ١) وجود اختلاف فى جهود الأطوار على حدة والجهود بين طور وطور خلال حالة عطل SLGF حدث من جهة الملف الابتدائي للمحول. يلاحظ أن بعض الأحمال أحادية الطور لاتتأثر بينما أحمال أحادية أخرى يمكن أن يحدث لها فصل، على الرغم من أن حساسيتها لانحدارات الجهود يمكن أن تكون متماثلة.

أيضاً يؤثر عدم اتزان الجهد (voltage unbalance) فى سخونة المحركات. إذا كانت فترة عدم اتزان الجهد المصاحب لحالات الأعطال قصيرة جداً فإنه لايوجد تأثير ملحوظ لسخونة المحرك. بينما مديرات السرعة المتغيرة (ASD) المحتوية على متحكمات تفصل بسرعة جداً خلال حالات عدم الاتزان.

نظراً لوجود تصنيفات متعددة ومختلفة من المعدات (مثلاً يوجد نوعين مختلفين من مديرات السرعة المتغيرة) والتى لها حساسية مختلفة لانحدارات الجهد فإن هذا يؤدى إلى صعوبة وجود مواصفات واحدة لتعريف معدات العمليات الصناعية الحساسة.

زمن استمرار انحدار الجهد:

تصنف فترة انحدار الجهد (sag duration) إلى :

١ – فورياً instantaneous :

قيمة انحدار الجهد من ٠,١ إلى ٠,٩ وحدة كسرية

زمن انحدار الجهد من ٠,٥ إلى ٣٠ دورة

٢ – لحظياً Momentary :

قيمة انحدار الجهد من ٠,١ إلى ٠,٩ وحدة كسرية

زمن انحدار الجهد من ٣٠ دورة إلى ٣ ثوانى

٣ – وقتى Temporary :

قيمة انحدار الجهد من ٠,١ إلى ٠,٩ وحدة كسرية

زمن انحدار الجهد من ٣ ثوانى إلى ١ دقيقة

وتكون فترة انحدار الجهد، الناتج من الأعطال، هى الزمن بين لحظة حدوث العطل (القصر) ولحظة فصل العطل بأجهزة الوقاية المركبة بشبكة التغذية. ترجع هذه الفترة الزمنية إلى زمن عزل العطل (fault clearing time).

فى أغلب الحالات، يمكن أن تحدث نظم تشغيل وقاية الشبكات (المغذية) عدة انحدارات متعاقبة.

يوضح جدول (٤ – ٢) نموذج لأزمنة عزل العطل عند مستويات الجهود المختلفة (توزيع – النقل الفرعى – نقل) أخذاً فى الاعتبار زمن تشغيل قاطع التيار (circuit breaker operating time) (وذلك للشبكات ذات التردد ٦٠ هرتز) . هذه الأزمنة هى الأزمنة النموذجية والتى يمكن أن تكون أكبر تبعاً لحالات الأعطال الأرضية و (أو) معاوقة الأعطال المرتفعة وعليه يجب أن تصمم الأجهزة الكهربائية لتتحمل حدوث انحدار الجهد لفترة زمنية تبعاً للجدول.

جدول (٤ - ٢)

أزمنة عزل العطل

نوع الدائرة الكهربائية	الجهد ك.ف	زمن العزل القياسي (ثانية)	زمن العزل القياسي (دورة)
التوزيع Distribution	4.16	0.1 - 2	6 - 120
	12	0.5 - 2	30 - 120
	16.5	0.5 - 2	30 - 120
	33	0.1 - 2	6 - 120
النقل الفرعى Subtransmission	66	0.1 - 0.5	6 - 30
	115	0.1 - 0.5	6 - 30
النقل Transmission	220	0.1	6
	500	0.1	6

(التردد ٦٠ هرتز)

منحني سماحية الجهد:

Power Acceptability curve
or Voltage tolerance curve
or Equipment immunity curve
or CBEMA curev
(Computer Business Equipment Manufacturers Association)
(CBEMA)

يشير المنحنى فى شكل (٤ - ١٤) إلى سماحية الحمل لتحمل أحداث الجهد المرتفع والمنخفض اللحظى وهو يحتوى على محل هندسى للجهود المرتفعة والذى يكون أعلى من محور الجهد المقنن ومحل هندسى للجهود المنخفضة والذى يكون أسفل محور الجهد المقنن. يمثل المحور الرئيسى نسبة التغير فى جهد القضبان ويمثل المحور الأفقى فترة الحدث بالثوانى. تحدث حالة الاستقرار عندما يؤول الزمن t إلى ما لا نهاية، فمثلاً لمنحنى انخفاض الجهد فإنه يؤول إلى ما لا نهاية عند هبوط - ١٣٪ وهذا يتوافق مع المواصفات الأمريكية ANSI C84.1 - 1989 والتى تنص على أن حدود الجهد المقنن المستقر القياسى (- ١٣٪).

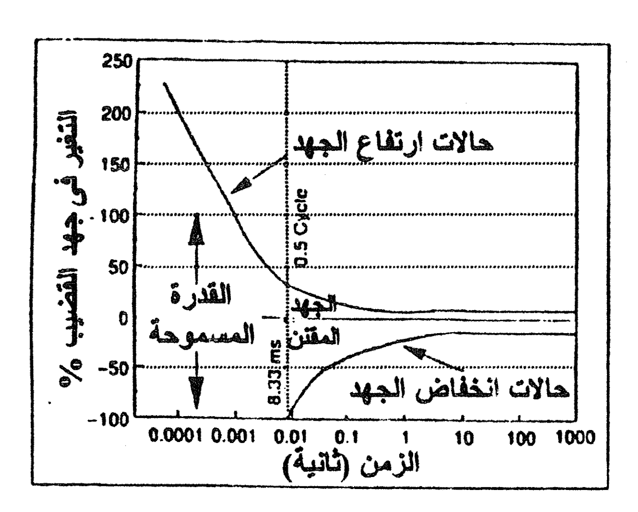
نلاحظ المنطقة الموجودة بين المحلين الهندسيين لحالات ارتفاع وانخفاض الجهد والتى يطلق عليها التغذية المقبولة (acceptable power) فإنها تشير إلى أن الأحداث فى هذه المساحة مقبولة وأن فترة الحدث قصيرة جداً مثال ذلك النبضات الناتجة من الصواعق (Lightning impulses) ، الجهود العابرة نتيجة تشغيل الخطوط (Line switching surges) والجهود العابرة الناتجة من تشغيل المكثفات (Capacitor switching surges)

فى عام ١٩٩٦ تم استبدال منحنى CBEMA بمنحنى ITIC والموضح بشكل (٤ - ١٥) (Information Technology Industry Council ITIC).

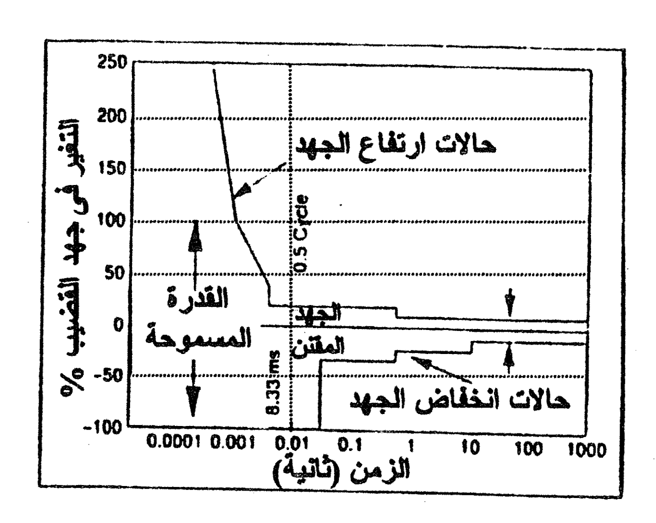
المشاكل الناتجة عن انحدارات الجهد Problems caused by voltage sages:

تكون لبعض الأجهزة والمعدات حساسية لانحدارات الجهد ويمكن ألا تؤدى عملها بطريقة مناسبة عند حدوث هذه الانحدارات. عادة لايسبب التقلب (fluctuation) فى الجهد إنهيار كامل للمعدات ولا يؤدى إلى إنهيار المعدات الالكترونية.

من بعض الأجهزة ذات الحساسية لانحدار الجهد :



شكل (٤-١٤) منحنى CBEMA



شكل (٤-١٥) منحنى ITIC

- مديرات التردد المتغير (Variable - Frequency Drives) (VFD) أو مديرات السرعة القابلة للتغير (Adjustable Speed Drives) (ASD) .
- الحاسبات الشخصية (Personal computers) .
- المتحكمات المنطقية المبرمجة (Programmable Logic Controllers) PLC .
- المحركات الكبيرة ومتحكمات المحركات (motor controls) .
- نظم الإضاءة بالتفريغ عالى الشدة (High - Intensity Discharge) HID (مثل لمبات الهالوجين المعدنى ولمبات الصوديوم ذات الضغط المنخفض والعالى ولمبات بخار الزئبق ولمبات الصوديوم المعدنى...) .

ولأن حدوث انحدارات الجهد غالباً تكون غير متوقعة ولأنها أحداث غير متحكم فيها فإن عدد حدوث الانحدارات يختلف من عام إلى آخر.

درست مصانع متعددة الانحدارات بدلالة القيمة وزمن الاستمرار وتوقعت حدوث ذلك سنوياً.

يوضح شكل (٤ - ١٦) نتائج أحد هذه الدراسات والتى تمت فى شمال أمريكا.

تأثير انحدارات الجهد علي بعض المعدات:

١ - الأجهزة الالكترونية (Electronic Equipment) :

تحتاج الأجهزة الالكترونية إلى بيئة كهربائية متحكم فيها أكثر من احتياج أغلب الأحمال الأخرى. هذه الحقيقة هامة إذا تحدثنا عن جهد مدخل التغذية. فإذا تغير جهد المدخل عن المواصفات المحددة للأجهزة الالكترونية عندئذ تظهر المشاكل والاضطرابات.

عند حدوث انحدار الجهد، فإن الطاقة الناتجة تتغير وتنقل إلى مصدر التغذية. إذا كانت هذه الطاقة غير كافية فإن الجهد المستمر (DC) المستخدم للدوائر التكاملية (Integrated circuit) ينخفض. عندئذ سوف يتوقف الجهاز عن العمل أو تتشوه البيانات (garble data) . ويعاد تشغيل الجهاز إذا أصبحت طاقة المصدر كافية مرة أخرى.

ITIC°

٢٤٤ في السنة

صفر- ٦ في السنة

صفر- ٢٠٠

ANSI C84.1 - 1989 Steady - State Voltage Range

صفر- ١٤٠

صفر- ١٠

صفر- ١٦

٢٤٤

٧٤٣

صفر- ١٩

قيمة الجهد (وحدات كسرية)

فترة الحدث (ثانية)

شكل (٤-١٦) نتائج دراسة لتسجيل عدد الانحدارات وفترة استمرارها والتي تمت في شمال امريكا

٢ - المحركات (Motors):

تمتاز المحركات بأنها قادرة على احتمال حدوث الانحدارات فى الجهد، إلا إذا كان الانخفاض كبير بدرجة كافية، فإنه (نموذجيا) يكون للمحركات استجابة ضعيفة جداً لهذه التغيرات فى الجهد. ويجب أن نتذكر إذا كانت المحركات تتحكم فيها عن طريق متحكمات الكترونية فإنه يؤخذ فى الاعتبار تأثيرات الانحدارات على الأجهزة الالكترونية.

إذا كانت قيمة الانحدار كبيرة فإن ذلك يؤدى إلى فقد كافى للقصور الذاتى الحركى (rotational inertia) للمحرك والذى يؤثر على أداء أو عمل المحرك. كذلك إذا تكرر حدوث الانحدار فإن المحرك يسحب تيارات بداية عالية بدرجة كافية ويفصل قاطع التيار.

٣ - الإضاءة (Lighting):

أغلب نظم الإضاءة تكون قادرة على احتمال حدوث الانحدارات فى الجهد. نظم الإضاءة المتوهجة (incandescent) يحدث لها انخفاض فى الإضاءة. ويمكن أن يتأثر العمر الافتراضى الكلى، ويسبب هذا الانخفاض فى الإضاءة إزعاج للأشخاص. ويعرف هذا الإزعاج بحدوث ارتعاش فى الإضاءة (Flicker) .

فى حالة الإضاءة بالفلورسنت، إذا كانت كابحات التيار الكترونية (electronic ballasts) فإنها تتأثر بحدوث الانحدارات. فإذا كان الانحدار منخفض بدرجة كافية فإن الكابح لن تكون له المقدرة على تجهيز الطاقة الكافية لحدوث القوس داخل أنبوبة الفلورسنت. وهذا يعنى إظلام للمبة.

فى حالة نظام الإضاءة باللمبات المفرغة عالية الشدة (High intensity discharge) (مثل لمبات بخار الزئبق، ولمبات هاليد المعدنى (metal halide)، ولمبات الصوديوم ذات الضغط العالى والمنخفض) فإنها تكون أكثر حساسية

لانحدارات الجهد. بينما تكون استجابتها مشابهة تماماً لكابحات التيار الالكترونية للفلورسنت، واللمبات نفسها تكون أكثر حساسية من الكابحات الالكترونية.

إن المشكلة الشائعة للمبات المفرغة عالية الشدة هى حدوث فصل كامل خلال انحدار الجهد. لاتشبه هذه الحالة حالة اللمبات الفلورسنت والتى تعود للإضاءة مباشرة بعد زوال انحدار الجهد، حيث أن اللمبات المفرغة يجب أن تنتظر لعدة دقائق قبل إعادة التشغيل. هذه الظاهرة لاتكون فقط مزعجة ولكنها أيضاً خطيرة.

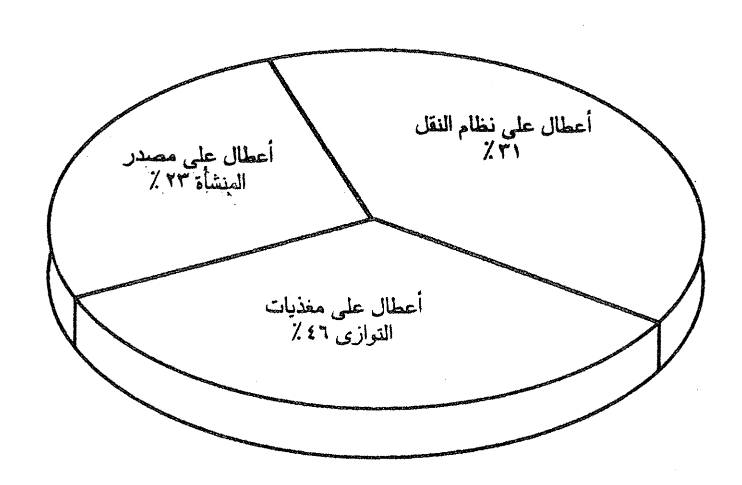
٤ - معدات التوزيع (Distribution Equipment):

يكون تأثير الانحدارات على شبكة توزيع الكهرباء ضعيف جداً. تزيد المشكلة إذا كانت أحمال الشبكة تتأثر بالانحدارات. فمثلاً إذا كان الانحدار شديد بدرجة كافية ويستمر وقت كافى فإن النتيجة تكون انفصال قاطع التيار أو انصهار المصهرات نتيجة التيارات العالية.

تقدير احتمالات مشاكل الانحدارات في الجهد:

تحدث انحدارات الجهد والانقطاعات اللحظية نتيجة أعطال على شبكة التغذية. وعلى ذلك، يستلزم لإيجاد خصائص أداء انحدار الجهد أن يتم حساب خصائص أداء العطل لنظام مصدر التغذية للمستهلك المتأثر. يمكن أن تؤثر الأعطال على مساحة شاسعة من نظام القدرة من حيث تشغيل المعدات الحساسة. ويمكن أن يحدث العطل إما على شبكة النقل أو على شبكة التوزيع. لأغلب الأنشطة فإن كلا من الحالتين تحتاج لتقييم هذا من خلال تقدير لكل الأداء المتوقع.

يوضح شكل (٤ – ١٧) نتائج لحصر نسبة الأعطال التى تمت بمنشأة بها عمليات صناعية وحدثت أعطال للمعدات بها هذه المنشأة مغذاة من شبكة الجهد المتوسط.



شكل (٤ - ١٧) تقسيم أعطال الشبكة والتي تسبب مشاكل للمعدات

للمستهلكين علي شبكة الجهد المتوسط

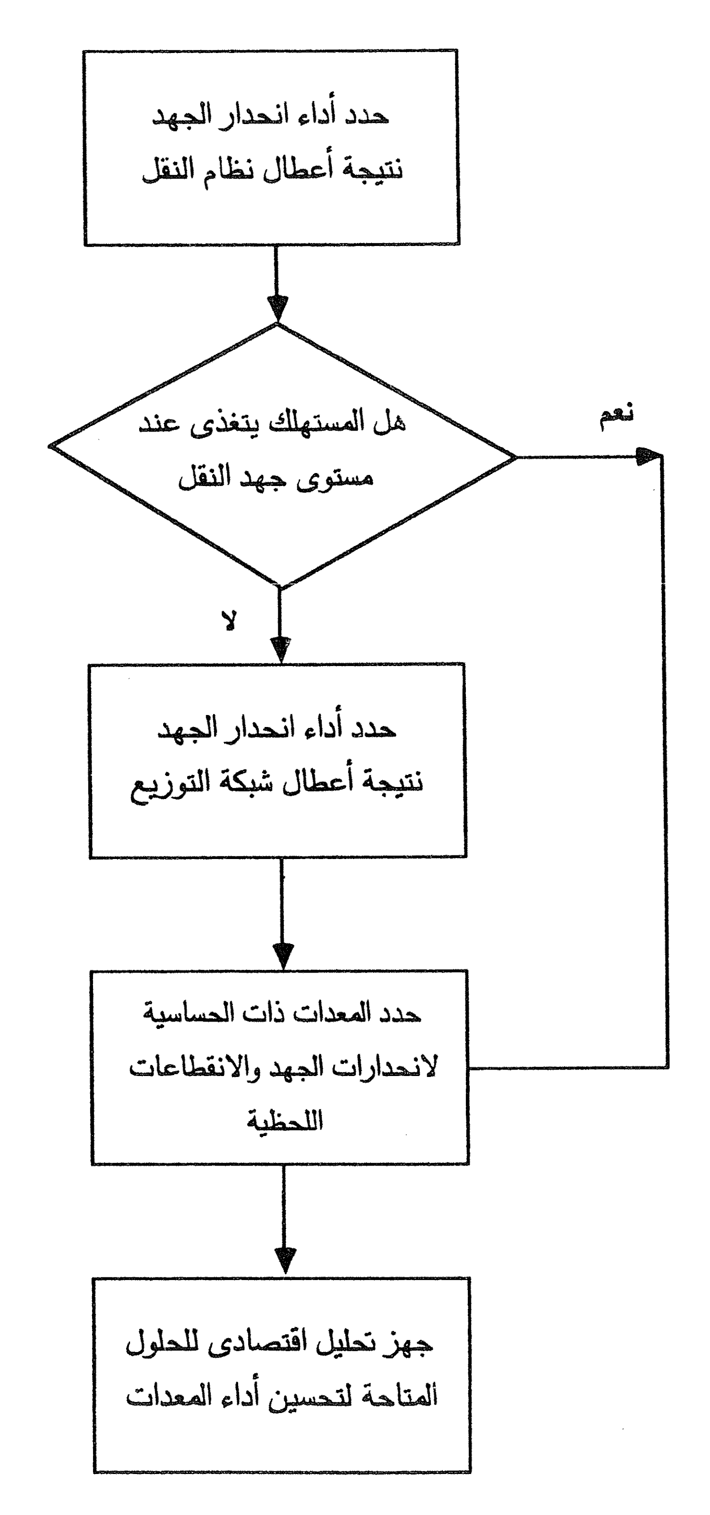
للأنشطة التى تغذى مباشرة من مستوى نظام النقل، عادة تؤخذ فى الاعتبار الأعطال الحادثة على نظام النقل فقط.

يكون الفرض الأول هو تقدير أداء انحدار الجهد والانقطاعات اللحظية. يعطى هذا التحليل نتائج معلومات والتى تصف العدد المتوقع لانحدارات الجهد خلال الشهر أى عند وصول الجهد إلى قيمة أقل من بداية محددة. وعليه يقارن هذا الأداء للمعدات لإيجاد الأداء المتوقع للعمليات الصناعية أو للمنشأة ككل. وفى النهاية، تقيم طرق تحسين الأداء عند المستويات المختلفة للنظام.

يوضح شكل (٤ – ١٨) رسم سريان كلى للتقييم.

تقييم أداء نظم النقل:

يجب تجهيز التقييم، بصرف النظر عن مكان منشأة المستهلك. للمنشآت المغذاة من نظم الجهد المتوسط، فإن أداء نظم النقل يحدد عدد انحدارات الجهد والانقطاعات المتوقعة نتيجة أعطال نظم النقل. يقاس هذا بدلالة الجهد عند المحطة الفرعية للتغذية. يمكن استخدام خطوات قياسية لحساب الأداء المتوقع. تكون نتيجة الحسابات عبارة عن أداء انحدار الجهد المتوقع عند قضبان (bus) مختارة من النظام.



شكل (٤ – ١٨) رسم سريان تحليل انحدار الجهد

١ – انشأ واحتفظ بجدول بيانات لخط النقل لاستخدامه كمرجع. يحتوى هذا الجدول على بيانات أداء تاريخية والأداء المتوقع لكل جزء فى الخط بدلالة عدد الأعطال المتوقعة فى السنة على الأقل لكل من الأعطال ثلاثية الأطوار وعطل طور مع الأرض.

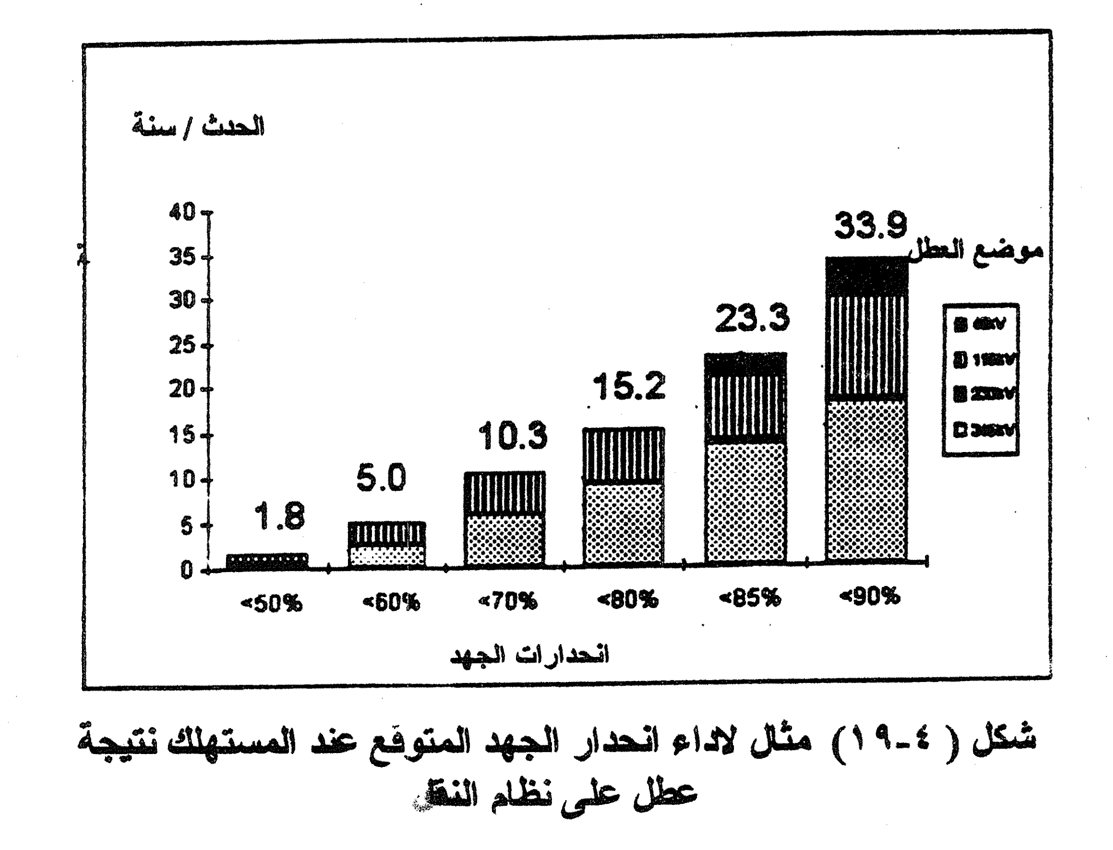
٢ – جهز تحليل تيارات القصر (short circuit analysis) لإيجاد «المساحة الحساسة» (Area of Vulnerability) لانحدارات الجهد المختلفة الشديدة. يعطى هذا الأميال الكلية للدوائر والتى يحدث عندها انحدار جهد بقيمة أقل من البداية المحددة. يجب أن يجهز هذا التحليل على الأقل للأعطال ثلاثية الأطوار وأحادية طور مع الأرض.

٣ – حول بيانات «المساحة الحساسة» إلى أحداث متوقعة حقيقية فى كل شهر عند الموضع المحدد. يحدث هذا باستخدام المساحة المعرضة والأداء المتوقع للأعطال ثلاثية الأطوار وأعطال طور والأرض الحادثة فى هذه المساحة. يجب حساب أداء الانقطاعات اللحظية عند المشترك النهائى نتيجة أعطال نظام النقل إذا كان المشترك يغذى من فرع من خط النقل. فى هذه الحالة، فإن عدد الانقطاعات اللحظية المتوقعة خلال العام نتيجة حوادث النقل تكون الأعطال المتوقعة على هذا الخط. يجب حساب هذا منفصلاً عن أداء جهد الانحدار.

٤ – قم بعد الحسابات المذكورة أعلاه للانقطاعات اللحظية وانحدارات الجهد الشديدة ويسجل النتائج للمنشأة كما فى شكل (٤ – ١٩).

التوصيات اللازمة للتغلب علي مشاكل الانحدارات:

توجد طرق متعددة يجب على المستهلك استخدامها لعلاج المشاكل الملازمة لحدوث انحدارات الجهد داخل المنشأة أو المصنع. سنعرض فيما بعد بعض هذه التوصيات. ويفضل أن يستعين صاحب المنشأة بمتخصص فى جودة التغذية الكهربائية عند احتياجه إلى معدات أو نظم كهربائية ومساعدته فى التصميم واتخاذ القرار. حيث توجد فى أغلب البلاد تشريع وقوانين وكودات تنظم الإنشاءات وتصميم التوصيلات.



شكل (٤-١٩) مثال لاداء انحدار الجهد المتوقع عند المستهلك نتيجة عطل على نظام النقل

التوصيات اللازمة :

١ - استخدام أراضي مناسبة Use Proper Grounding Practices

للحفاظ على تغذية كهربائية جيدة. فإنه لايوجد عنصر أكثر أهمية من الأرضى. لأن الأرضى غير المناسب وغير السليم يؤدى إلى الأداء الخاطئ للحاسبات الآلية والأجهزة الأخرى، بالإضافة إلى أنه يزيد من مخاطر الصدمات الكهربائية.

٢ - استخدام توصيلات مناسبة Use Proper wiring Practices

يعتبر الاهتمام الجيد بالتوصيلات المناسبة من أحد حلول مشاكل الانحدارات. تحدث التوصيلات غير الجيدة وغير المناسبة فى الأحمال الداخلية الكبيرة (lumping) والتى لاتوجد فى الخلية المشتركة.

مثلاً إذا كان مصدر تغذية محرك المصعد من نفس مصدر تغذية الإضاءة فإنه سيحدث وميض (blink) كلما بدء المصعد فى العمل.

٣ - شراء المعدات التي تتحمل انحدارات الجهد

Purchase equipment which can withstand voltage sags

يجب على المستهلك أن يوصف الأجهزة والمعدات التى تتحمل الانحدارات عند شراء أجهزة جديدة. ويفضل استخدام المنحنى فى شكل (٤ - ١٥) والذى يصف الأداء المطلوب لمعدات المكاتب الشائعة.

٤ - اختيار الأجهزة التي تجتاز جهود الانحدارات

Watch for voltage ride through options

يجب على المستهلك اختيار المعدات المصنعة التى تجتاز جهود الانحدارات أى تمر هذه الجهود على الأجهزة دون تأثير ضار بها.

٥ - استخدام معدات معالجة انحدار الجهد

Use Voltage Sag Mitigation Equipment

عند التشغيل الخاطئ للمعدات نتيجة حدوث انحدارات الجهد هنا يجب

التفكير فى تركيب جهاز أو أكثر لمعالجة انحدارات الجهد وذلك بعد إجراء دراسة لتحديد أيهم الأنسب لعلاج المشكلة.

وفيما يلى بعض أجهزة العلاج:

(أ) مصدر طاقة كهربائية مستمرة [1] (غير متقطعة)

Uninterruptible Power Supply (UPS)

عند تقلب مصدر التغذية الأساسى أو عند انفصاله فإن UPS يغذى هذا الحمل من نظام بطاريات (battery system) حتى يظل تشغيل نظام الحمل مستمر. توجد أحجام مختلفة من UPS حيث أنه يمكن أن يغذى جهاز فقط أو يغذى نظام متكامل اعتماد على حجم UPS (لزمن حتى ١٥ دقيقة أو أكثر).

(ب) مصدر طاقة كهربائية مستمرة دوارة

Rotary Uninterruptible Power Source

عند حدوث انحدارات فى الجهد، فإن هذا المصدر يجهز توليد كامل معزول لتغذية الحمل. حيث يربط UPS مع محرك تيار مستمر (DC) يدار من خلال بطاريات ومجهز أيضاً بكل من تكييف القدرة (power conditioning) وحماية ضد ظاهرة مرور انحدارات الجهد.

(جـ) مكثفات اجتياز الجهود العابرة Ride - Through Capacitors :

تستخدم مكثفات توالى للحفاظ على الشحنة الكهربائية وعند ضياع مصدر التغذية تستخدم التغذية من هذه المكثفات لعدة ثوانى لمرور جهود الانحدارات وللتحكم فى النظام الكهربى والحفاظ على استمرارية التحميل.

---

(١) معظم أنظمة الذاكرة شبه الموصلة تحتاج إلى طاقة مستمرة حيث يمكن مسح محتويات الذاكرة بأقصر انقطاع للطاقة. إن أنظمة الطاقة الكهربائية غير المنقطعة تمثل حلاً لهذه المشكلة العامة وكذلك للعناصر الأخرى للحاسب التى تتطلب نفس النوع من الطاقة.

(د) محول جهد ثابت / محول رنين حديدي

Ferroresonant / Constant Voltage Transformer

يستخدم هذا المحول لمرور جهود الانحدارات عند حالة تشبع قلب المحول. وعند تحميل المحول (تشبعة saturated) فسوف يخزن طاقة كافية لمرور انحدارات الجهد اللحظية.

تقييم أداء نظم التوزيع:

للمستهلكين ذوى التغذية من شبكة التوزيع يجب حساب أداء الانقطاعات اللحظية وانحدار الجهد نتيجة احداث نظم التوزيع بنفس الطريقة السابقة. تنتج الأعطال على المغذيات المتوازية والأفرع ذى المصهرات (Fused branches) انحدارات فى الجهد بينما ينتج من الأعطال على نفس مصدر تغذية المستهلك انقطاعات لحظية على الأقل، ويكون الأداء الكلى عند المستهلك عبارة عن مزج بين الأداء نتيجة احداث نظام النقل والأداء نتيجة احداث التوزيع.

تقييم حلول مشاكل انحدار الجهد:

إن الانقطاعات الحادثة فى العمليات الصناعية نتيجة انحدارات الجهد تمثل تكلفة جوهرية لعمليات التشغيل. تشمل هذه التكلفة :

فقد المنتج - تكلفة العمالة لإعادة التشغيل - المنتج الهالك - انخفاض جودة المنتج - التأخير فى التوريد - راحة وثقة العميل.

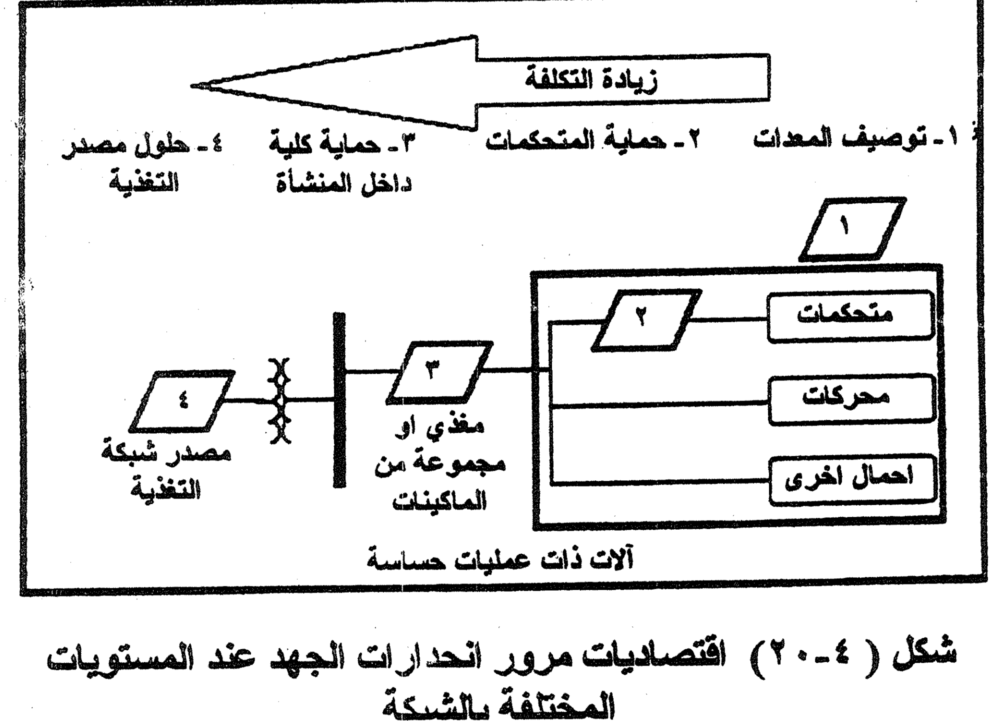
يحتاج التقييم المناسب لبدائل تحسين معدات المصنع وشبكة توزيع الكهرباء إلى مقارنة بين التكلفة والفوائد. فمثلاً، تحسب تكلفة إعادة تأهيل معدات العمليات الحساسة مع بعض طرق تحسين مرور جهود الانحدارات وفى نفس الوقت تحسب فوائد استرداد المنتج المفقود، والمواد، وجودة المنتج واستجابة العميل. من بيانات المصنع يمكن الحصول على بيانات المنتج المفقود بمتابعة احداث انحدارات الجهد. حيث يتم تسجيل عدد الانقطاعات نتيجة انحدارات الجهد خلال الشهور أو السنوات الماضية. فى حالة وجود البيانات الضرورية

فإنه يمكن تقدير تكلفة تطبيقات الحل أو العلاج، وبالمقابل يمكن تقدير تكلفة استرجاع المنتج المفقود.

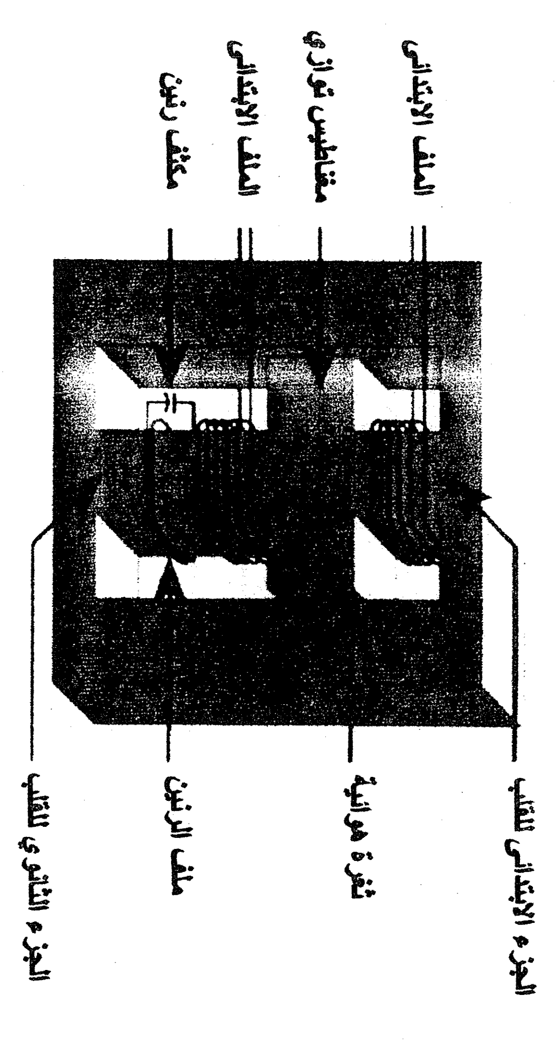
يمكن تطبيق الحلول عند مستويات مختلفة بالشبكة الكهربائية للعميل والذى لديه معدات أو عمليات ذات حساسية للانقطاعات اللحظية ولانحدارات الجهد. فمثلاً، يمكن حماية الأجهزة الحساسة المنفصلة عن طريق استخدام تكيفات القدرة المحتوية على خاصية مرور انحدارات الجهد أو استخدام معدات حماية لمكونات منشأة العميل، أو يمكن أن يطبق العلاج عند شبكة التغذية الكهربائية. تكون التكلفة الاقتصادية لمعدات علاج انحدارات الجهد كلما تم تركيبها بالقرب من الأجهزة الحساسة أو أن تكون أخذت فى الاعتبار عند تصميم الأجهزة الحساسة، كما هو موضح فى شكل (٤ – ٢٠).

على المدى الطويل، فإن أفضل الحلول لمشاكل انحدارات الجهد هى تركيب معدة لها المقدرة على اجتياز ومرور انحدارات الجهد. وقد اتضح للمصنعين أهمية الاحتياج لهذه الميزة، والتى أصبحت أكثر أهمية للمعدات الخاصة بالعمليات الصناعية.

تعالج أغلب حالات انحدارات الجهد باستخدام محولات الجهد الثابتة (Constant voltage transformers (CVTs) أو محولات الرنين الحديدى (Freroresonant transformers) والموضحة فى شكل (٤ – ٢١). هذه المحولات تكون جذابة للأحمال الخاصة والتى لها قدرة مطلوبة منخفضة نسبياً وأحمال ثابتة. تكون الأحمال المتغيرة من أكثر مشاكل هذه المحولات بسبب حدوث دائرة رنين للمخرج. وتشبه تكيفات القدرة هذه فى عملها عمل المحول عند حالة التشبع (saturation) أى أن جهد المخرج لايتأثر البتة بالتغيرات فى جهد المدخل. ويكون التصميم الفعلى والمكونات أكثر تعقيداً. يوضح شكل (٤ – ٢٢) الدائرة النموذجية لمحول الرنين. ويكون مخرج محولات الرنين حتى ٩٠٪ من الجهد المقنن للمدخل أعلى من أدنى قيمة، وعندها ينهار جهد المخرج إلى الصفر.



شكل (٤-٢٠) اقتصاديات مرور انحدارات الجهد عند المستويات المختلفة بالشبكة



شكل (٤-٢١) مكونات محول رنين حديدى

شكل (٤-٢٢) الدائرة المكافئة لمحول رنين حديدي

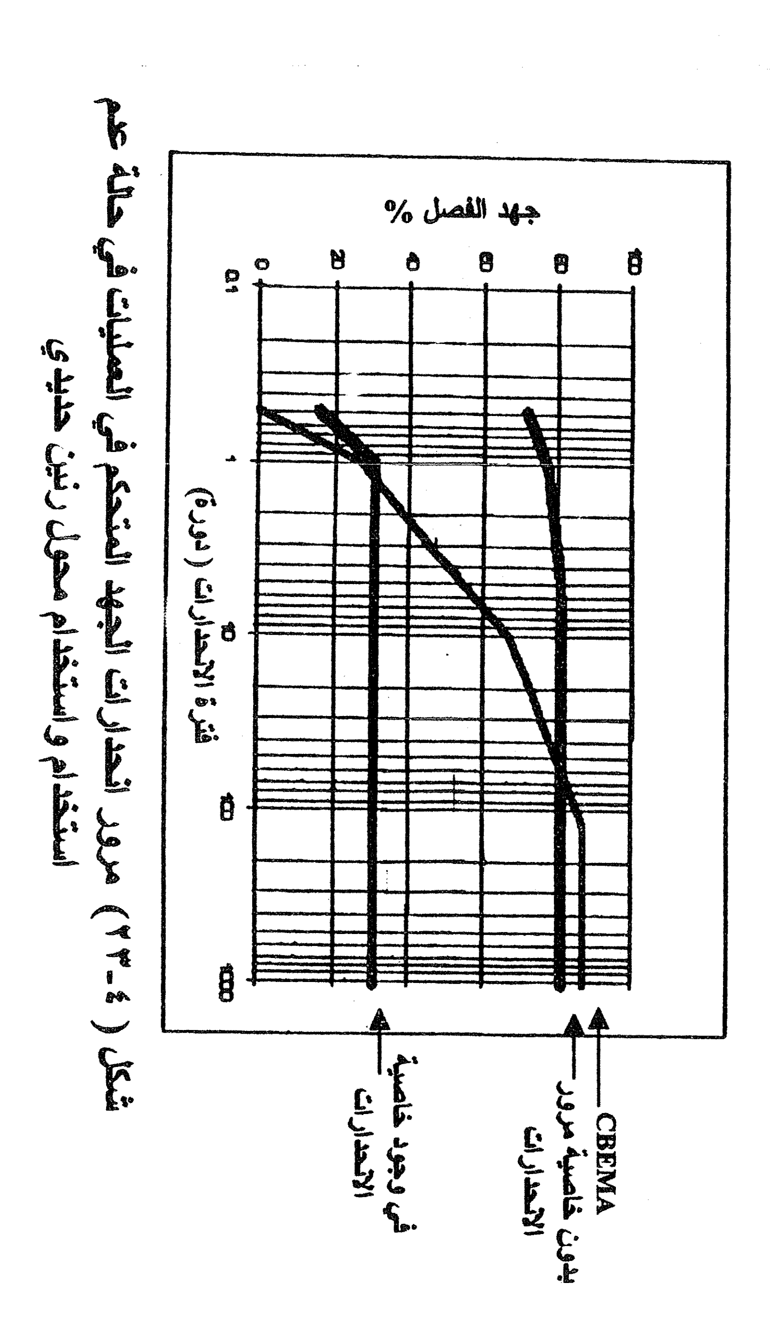
يكون الجهد المحتمل خلال انحدارات الجهد جيد جداً إذا كان محول CVT ذى قدرة أكبر من الحمل. يوضح شكل (٤ - ٢٣) العلاقة بين فترة استمرار جهد الانحدار (sag duration) ونسبة جهد الفصل (trip voltage) لمتحكمات مبرد (chiller) فى حالتى وجود وعدم وجود محول حماية (CVT) . عند حدوث انحدار فى الجهد لحوالى ٣٠٪ نتيجة عطل وجه مع الأرض بعيد عن شبكة التغذية فإن المبرد لايفصل أبداً لوجود خاصية مرور انحدار الجهد. يعالج محول CVT أكثر حالات انحدارات الجهد. إذا كانت انحدارات الجهد شديدة جداً على محول CVT أو إذا كان الحمل كبير جداً بالنسبة للمحول فإنه يتم إضافة بعض تكنولوجيات تخزين الطاقة لمساندة مرور انحدارات الجهد. لحماية الأحمال الحرجة جداً، مثل نظم الأمان ومعدات عمليات البيانات الحرجة يحتوى على نظام UPS أو أى نظام له المقدرة على تغذية الأحمال.

محول الرنين الحديدي ومعامل القدرة:

يمكن أن تنسب العلاقة بين حمل محول الرنين الحديدى (CVT) ومعامل القدرة الكلى (Power factor) إلى مكثف الرنين (resonating capacitor) . إذا كان محول الرنين الحديدى غير محمل فلن يسحب تيار من الملف الابتدائي، وعلى ذلك، فإن أغلب المركبة غير الفعالة عند مدخل CVT تكون مكثف الرنين. عند حالة عدم التحميل تهمل محاثة (inductance) الملف الابتدائى، ويصبح معامل القدرة الكلى منخفض. عند توصيل حمل على الملف الثانوى للمحول يزيد التيار المسحوب من الملف الابتدائى. هذه الزيادة فى التيار تؤدى إلى تغلب المركبة غير الفعالة على محاثة المحول عند المدخل. أى أنه كلما زاد تيار الحمل لمحول الرنين الحديدى كلما زاد معامل القدرة الكلى عند مدخل المحول.

نقاط هامة:

١ - أصبحت انحدارات الجهد فى زيادة مستمرة فيما يتعلق بالعمليات الصناعية نتيجة زيادة التقنية الأوتوماتيكية. يصعب جداً إعادة بداية



شكل (٤-٢٣) مرور انحدارات الجهد المتحكم في العمليات في حالة عدم استخدام و استخدام محول رنين حديدي

تشغيل المهمات الأوتوماتيكية. وأحياناً تكون المتحكمات الالكترونية المستخدمة أكثر حساسية للانحدارات فى الجهد عن الأحمال الأخرى.

٢ – غالباً تسبب الأعطال بين أحد الأوجه والأرض على شبكة التوزيع أو على نظام النقل انحدارات فى الجهد. تكون الصواعق سبباً متكرراً. يستخدم تقييم أداء العطل على خطوط التوزيع أو النقل لتوقع أداء جهد الانحدار عند المشترك.

٣ – حدوث عطل أو قصر بين وجه والأرض على الجانب الابتدائى لمحول التوزيع ينتج عنه جهد انحدار لايقل عن ٣٣٪ من الجهد المقنن بين أية توصيلة بين طورين.

٤ – تختلف حساسية المعدات الصناعية بالنسبة لانحدارات الجهد اختلافاً كبيراً. أكثر المعدات حساسية هى التى تفصل عند حدوث انحدارات فى الجهد.

٥ – محولات الجهد الثابت (CVT) تستخدم اقتصادياً للأحمال الثابتة لمعالجة حالات انحدارات الجهد الكثيرة. فى حالة الاحتياج لزيادة الحماية ضد انحدارات الجهد فإنه يمكن استخدام UPS أو أى تكنولوجيات أخرى خاصة بتخزين الطاقة.

الباب الخامس
مديرات السرعة
Speed drives

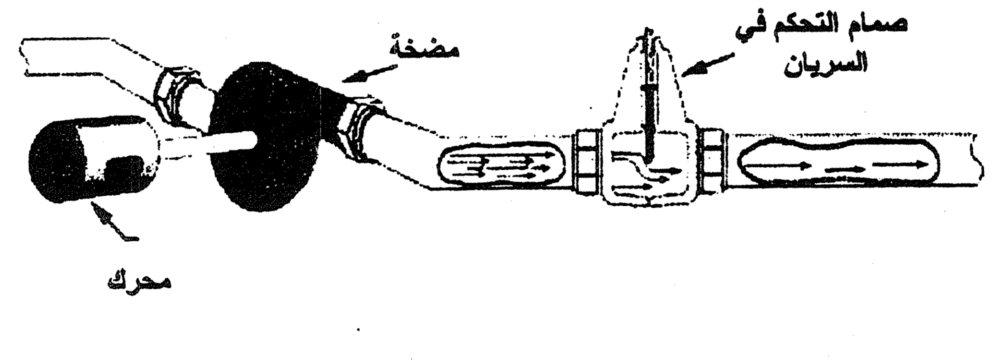
مقدمة:

تحتاج العديد من التطبيقات الصناعية إلى مديرات السرعة المتغيرة للعضو الدوار (Variable speed rotary drives) (VSD) [والذى يطلق عليها أيضاً مديرات السرعة القابلة للضبط (Adjustable Speed motor Drives) (ASD) لتشغيلها. ففى عام ١٨٩٦ وضع Harry Ward-Leonard أساسيات معانى كفاءة وفعالية تحكمات محركات التيار المستمر (DC) والتى استخدمت حتى اخترعت مديرات السرعة الالكترونية حوالى عام ١٩٦٠.

تستخدم معظم مديرات السرعة المتغيرة لتشغيل المحركات DC لأن مصدر التردد المتغير الذى تحتاجه آلات التيار المتردد AC لتغير السرعة يكون غاية فى التعقيد وغير اقتصادى. تستخدم المحركات التأثيرية DC & AC مديرات السرعة المتغيرة بتوسع من خلال أجهزة التحويل بالتحكم فى الكترونيات القوى. وحديثاً استخدمت نظم التحكم الرقمية بأساسيات الميكروبروسيسور بدلاً من التحكمات النظيرية (analogue) والتى أدت إلى تعقيدات فى التشغيل بينما سهلت تشغيل وتطوير أنواع من المحركات مثل المحركات المتدرجة (stepper motors) ومحركات ممانعة تحويلية (switched reluctance motors).

يوضح شكل (٥ – ١) مثال عملى لفكرة الغرض من مديرات السرعة القابلة للضبط فى تشغيل العمليات.

فى الشكل تعتبر مضخة السائل المبرد حمل عزم متغير للمحرك، ويتحكم فى معدل سريان السائل المبرد المنقول بالمضخة عن طريق صمام التحكم فى السريان (Flow - control valve) . يرتبط أداء صمام التحكم فى السريان بمدير



شكل (٥-١) مثال لاداء مدير السرعة القابل للضبط الذي يتحكم في معدل سريان السائل المبرد

السرعة ASD فعن طريق تغير تردد مخرج مدير السرعة ASD ، عندئذ يمكن التحكم فى سرعة المحرك ومعدل السريان.

خلفية عن سرعة المحركات التأثيرية:

يوصف المحرك التأثيرى ثلاثى الأوجه (من الناحية الموضوعية) بأن له سرعة ثابتة تقريباً حيث أن سرعة المحرك فى حالة اللاحمل تختلف اختلافاً بسيطاً جداً عن سرعة التزامن (synchronous speed) ثم أنها لاتتغير عن هذه السرعة إلا بمقدار طفيف عندما يصبح المحرك محملاً بالحمل الكامل. ومن الناحية العملية، فإنه يمكن اعتبار أن المحرك ذو سرعة ثابتة خلال فترة تشغيله، مع تغير الحمل، وهى عبارة عن سرعة التزامن تقريباً.

من الطرق التقليدية لتغير سرعة المحركات التأثيرية:

١ - تزود المحركات التى تدير آلات الورش، التى تحتاج إلى سرعات متغيرة، بمجموعتين من الملفات، بحيث يمكن أن تعمل إحدى المجموعتين بأربعة أقطاب أو ثمانية، وتعمل المجموعة الأخرى بستة أقطاب أو اثنا عشر قطباً، وبذلك يمكن الحصول على السرعات ١٥٠٠ ، ١٠٠٠ ، ٧٥٠ ، ٥٠٠ لفة / دقيقة، عندما يتغذى المحرك من ينبوع تردده ٥٠ هرتز.

٢ - تغير السرعة باستخدام مقاومات في الملفات الثانوية

تستخدم هذه الطريقة مع المحركات ذات حلقات الانزلاق، حيث يمكن توصيل مقاومة متغيرة - ثلاثية الأطوار - مع ملفات العضو الدائر عن طريق الفرش. وبتغير هذه المقاومة يمكن الحصول على سرعات متغيرة من المحرك. إن إضافة المقاومة إلى دائرة الملفات الثانوية ذات الطبيعة الحثية يعمل على تحسين معامل القدرة. من عيوب هذه الطريقة فقد كميات كبيرة من القدرة فى المقاومة الخارجية، لذلك تستخدم هذه الطريقة فى أضيق الحدود، عندما يراد تغيير سرعة المحرك بما لايتجاوز حوالى ١٥٪.

٣ - تغيير السرعة باستخدام جهد حقن خارجي في الملفات الثانوية

نحصل على سرعة متغيرة لمحرك تأثيرى ثلاثى الأطوار بحقن جهد فى

الملفـات الثـانوية عن طريق حلقات الانزلاق. بشرط أن يكون الجـهـد المحقون ثلاثى الأطوار ذو تردد متغير بحيث يتساوى هذا التردد مع تردد التيار والجهد فى الملفات الثانوية كلما تغيرت السرعة. ويتم ذلك باستخدام مغير التردد ذى المبدل للحصول على الجهد المطلوب.

٤ - محرك الشراجا

محرك الشراجا من أكثر المحركات الكهربائية انتشاراً، وهو يستخدم بكثرة فى مصانع النسيج والتى تحتاج إلى محركات متغيرة السرعة، حيث يتم تحريك الفرش على سطح المبدل إما يدوياً بواسطة عجلة تنقل الحركة اليدوية إلى حاملات الفرش عن طريق صندوق تروس أو بواسطة محرك مرشد صغير يتم التحكم فيه باستخدام زرار ضاغط، بحيث تواصل الفرش حركتها مادام الضغط مستمراً على الزرار الذى يجعل المحرك المرشد دائراً.

مديرات السرعة المتغيرة للمحركات DC (Variable - Speed DC drives):

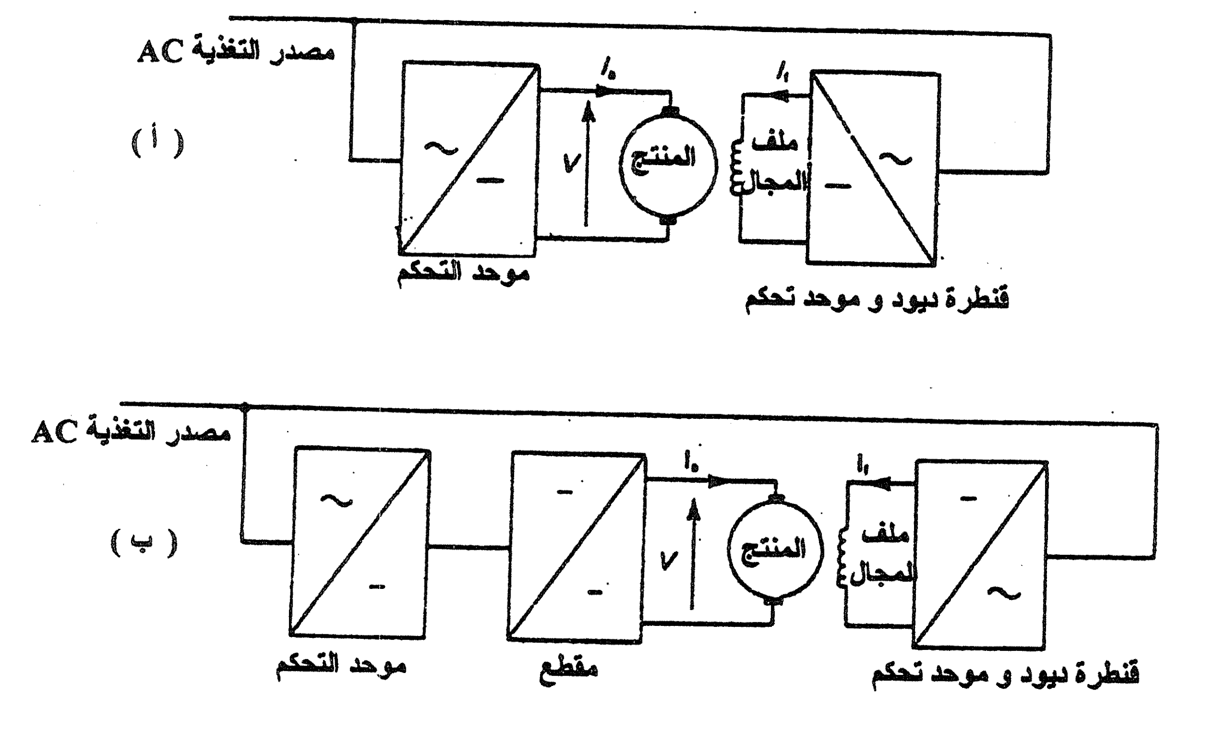
من أكثر مديرات السرعة للمحركات DC هى التى تعتمد أساساً على التحكم فى جهد المنتج (armature voltage) . يوضح شكل (٥ – ٢) أ نظام مبسط يستخدم موحدات تحكم (controlled rectifier) من النوع ذى التحكم الكلى (fully controlled). ويوضح شكل (٥ – ٢) ب نظام آخر عبارة عن موحد ديود (diode rectifier) لتغذية مقطع [1] DC (chopper) .

إن سرعة المحرك تبدأ بمتوسط جهد المنتج مع أى تذبذب فى أى عزم كبح (damped) (أو على وشك الكبح) بواسطة الدوران السلس لنظام القصور الذاتى.

للمحركات الكبيرة (قدرة أكبر من ٢,٥ ك. وات) فإن محاثة المنتج تكون عادة كافية لحفظ التيار المستمر ثابت لجميع حالات التشغيل. أيا كان حجم المحرك، فإنه يعمل عند مقنن منخفض (derated) فى بعض الحالات وخاصة

---

(١) المقطع : ترتيبه لتقطيع تيار كهربائى، على فترات منتظمة، وذلك للتمكين من تضخيم كمية كهربائية مرتبطة به باستخدام مكبر تيار متردد.



شكل (٥-٢) مديرات السرعة المتغيره باستخدام التحكم في جهد المنتج

فى وجود توافقيات فى مصدر تغذية المحرك، وهذا لايؤدى إلى أى فائدة للعزم الميكانيكى ولكن يؤدى إلى زيادة المفقودات المغناطيسية والكهربائية فى الآلة. هذا التخفيض فى المقنن يقل كلما كبرت الآلة كما تزيد المحاثة مع تغير التيار. عملياً تصمم آلات التيار المستمر التى تعمل بمغيرات ثايرستور (thyristor converters) بحيث تكون أقطاب المجال رقائقية (laminated field poles) ومحاثة المنتج أكبر وذلك للحصول على زاوية وجه المنتج فى حدود من ٧٥° إلى ٨٥° ، ويمكن عكس دوران آلات DC إما عن طريق عكس جهد المنتج أو المجال، ويوضح شكل (٥ – ٣) أحد طرق عكس الدوران وذلك باستخدام نقط تلامس مزدوجة.

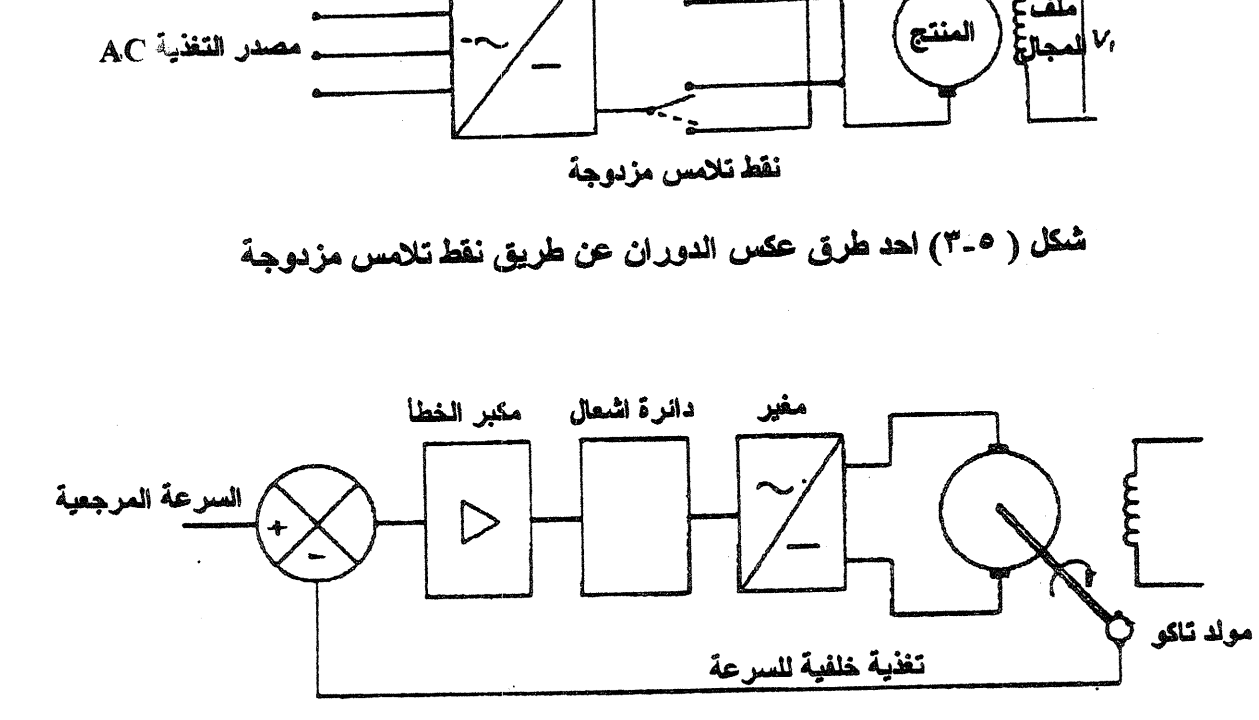
نظم التحكم في مدير السرعة المتغيرة:

للتحكم فى مديرات السرعة يجب:

- الاستجابة إلى التغير فى سرعة الطلب أو العزم.
- تجهيزات بداية التشغيل (start-up) والإيقاف (shut-down).
- التأكد من أن التشغيل لايعتمد بتاتاً على حالات تقلب المصدر.
- الوصول إلى حالات التشغيل المثلى لأفضل أداء.

يجهز نظام التحكم بدوائر وقاية ضد زيادة الأحمال وضد الأعطال للتأكد من حالة وأداء مدير السرعة، ولضمان تزامن تشغيل عدد من مديرات السرعة، ولتجهيز إدارة عكس التشغيل وقوة المجال.

يوضح شكل (٥ – ٤) فكرة نظام التحكم فى مدير السرعة المتغير لمحرك DC. تستخدم بيانات وضع أو سرعة المخرج للمحرك كتغذية خلفية (feed back) للمقارن (comparator) والذى يقارن بين سرعة المخرج وسرعة مرجعية (speed reference) . يستخدم مخرج المقارن للتحكم فى تشغيل الموحد. نتيجة انخفاض مقاومة منتج المحرك مع تغيير حمل الطلب أو السرعة، تزيد التيارات المسحوبة من المصدر. وتكون بعض وسائل الحد من التيار جزء من نظام التحكم.



شكل (٥-٣) احد طرق عكس الدوران عن طريق نقط تلامس مزدوجة

شكل (٥-٤) نظام التحكم في مدير السرعة المتغير لمحرك DC

يوضح شكل (٥ – ٥) متحكم فى السرعة. يغذى المقارن بالسرعة من خلال مولد انحدار السرعة (ramp generator) لمنع تأثير التغير المفاجئ. تقارن سرعة المرجع بسرعة مخرج عمود المحرك من خلال مولد تاكو Tacho) (generator . وتؤخذ إشارة الفرق بين السرعتين من المقارن رقم (١) لتغذية مكبر حد المخرج (limited amplifier) والذى يحد هذه الإشارة وبالتالى يقيد أقصى تيار. يوجد مقارن آخر رقم (٢) يقارن بين هذه الإشارة وبين تيار المحرك والذى يمكن الحصول عليه إما من خلال محول تيار DC current) (transformer أو محول تيار AC وموحد. تستخدم إشارة مخرج المقارن رقم (٢) للتحكم فى زاوية اشتعال (Firing angle) للموحد الرئيسى.

للمتحكمات النظيرية (مثل شكل (٥ – ٥)) يكون استقرار السرعة speed) (stability حوالى ٠,١ ٪ بينما للمتحكمات الحديثة المعتمدة على أساسيات الميكروبرسيسور يتحسن الاستقرار إلى ٠,٠١ ٪.

مديرات السرعة المتغيرة لمحركات التيار المتردد (AC):

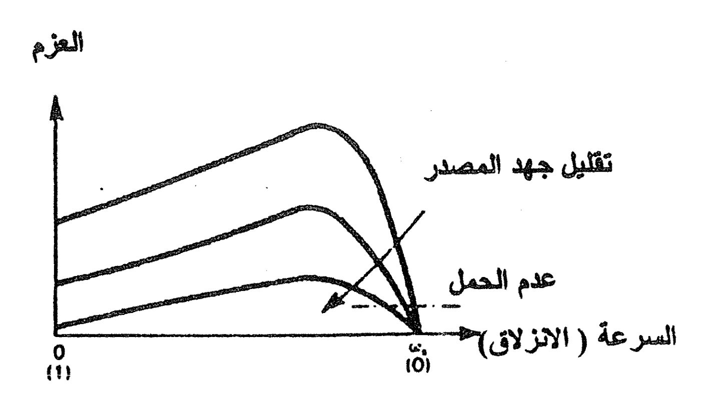
إذا تغير الجهد المسلط على الآلات الحاثية عند تردد ثابت فإن العلاقة بين العزم (Torque) والسرعة يصبح كما فى شكل (٥ – ٦) . نحصل على تحكم فى الجهد باستخدام عدد ٢ ثايرستور (thyristor) متوازيين ومتعاكسين لكل طور كما فى شكل (٥ – ٧).

نحصل على تغيير فى السرعة باستخدام التحكم فى الجهد لحدود سرعة محددة وتحت قيود للعزم وذلك لتجنب حدوث تسخين زائد. من العيوب الأخرى لهذا النظام أنه يولد مستوى عالى من توافقيات التيار فى مصدر التغذية نتيجة شكل موجه التيار المتقطعة.

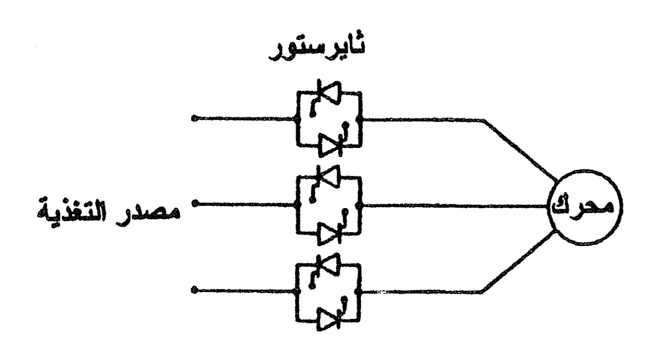
يوضح شكل (٥ – ٨) دائرة متحكم فى السرعة لمدير ذى مبدل سرعة ثابتة (constant - speed inverter drive) حيث تقارن سرعة الطلب ω_r أو المرجع (demand speed or refernece speed) بسرعة مولد تاكو (ω_a)، بالمقارن رقم ١، للحصول على إشارة الخطأ فى السرعة ω_e. تغذى هذه الإشارة

مصدر التغذية
AC
سرعة مرجعية
مقارن ١
مقارن ٢
موحد
اشارة تيار
محول تيار
تيار المحرك
المغير الاساسي
دائرة اشعال
مغير المجال
مولد تاكو
متحكم في التيار
مكبر حد التيار

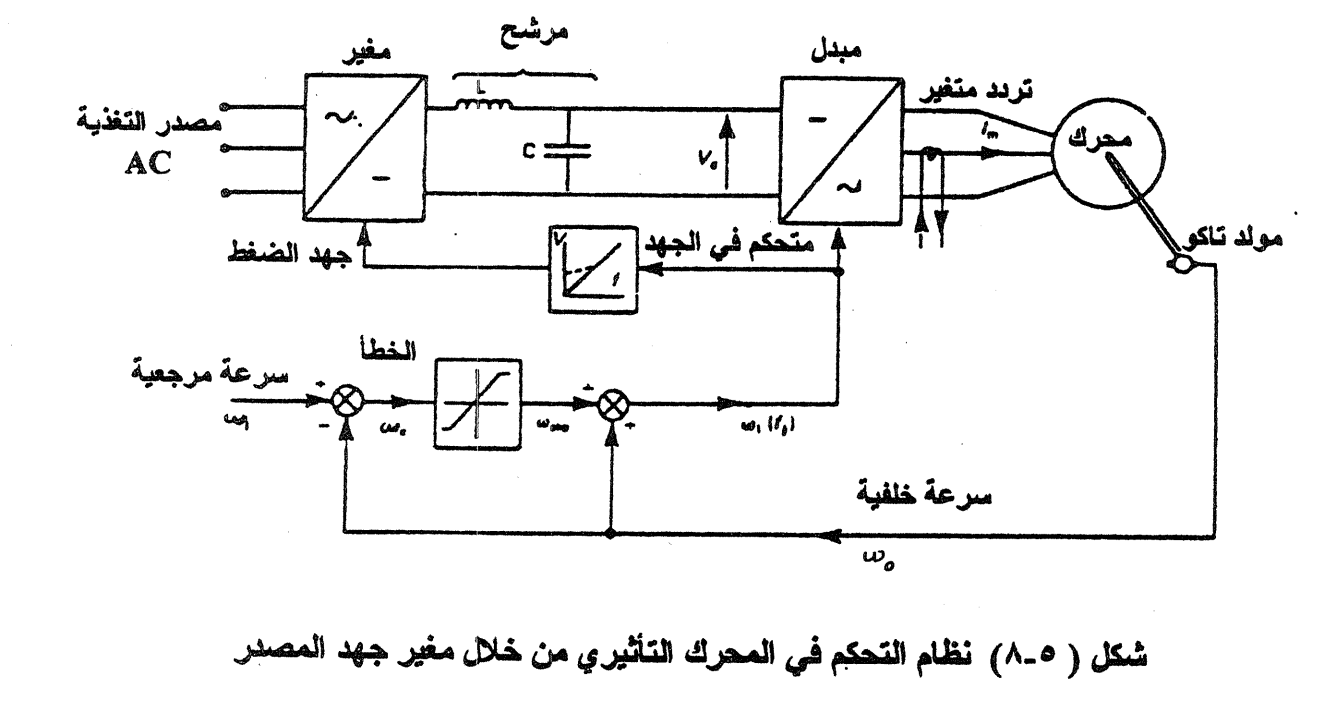
شكل (٥-٥) متحكم في السرعة



شكل (٥-٦) العلاقة بين العزم والسرعة عند التحكم في الجهد



شكل (٥-٧) التحكم في الجهد للمحرك التأثيري



شكل (٥-٨) نظام التحكم في المحرك التأثيري من خلال مغير جهد المصدر

الإشارةمنظم نحصل منه على سرعة الانزلاق (ω_{slip}) (slip speed) والتى تتناسب مع السرعة الحقيقية. تضبط السرعة (ω_{slip}) لقيمة تناسب أقصى عزم للمحرك للتغلب على حالة الإيقاف (stalling). نحصل على مجموع السرعتين (ω_s , ω_a) من المقارن رقم (٢) والتى تستخدم للتحكم فى إشعال المبدل. للتغلب على عمل المحرك فى حالة الانزلاق السالب (negative slip) يستخدم مغير تحكم نصف موجه (half - controlled converter) مع توصيل مقاومة كبح (braking resistor) على مدخل المبدل (inverter) بالإضافة إلى دائرة تحكم فى الجهد للتغلب على ارتفاع الجهد إلى قيم كبيرة.

وفى حالة تغيير السرعة مع عزم المخرج يستخدم مبدل تيار المصدر (current sourced inverter) لتغذية المحرك التأثيرى ، كما فى شكل (٥ – ٩)، حيث يقارن تردد المبدل (f_i) بتردد المرجع (f_a) بالمقارن رقم (١) . وتستخدم إشارة المخرج لتغذية متحكم والذى يضبط قيمة واتجاه العزم المطلوب للتأكد من أن المحرك يعمل فى الحدود المسموحة.

بالمقارن رقم (٢) يتم مقارنة عزم الطلب (demand torque) بالعزم الحقيقى والذى نحصل عليه من قياسات تيار وجهد وتردد المحرك وبواسطتهم نحصل على إشارة خطأ تستخدم لضبط تردد مخرج المبدل.

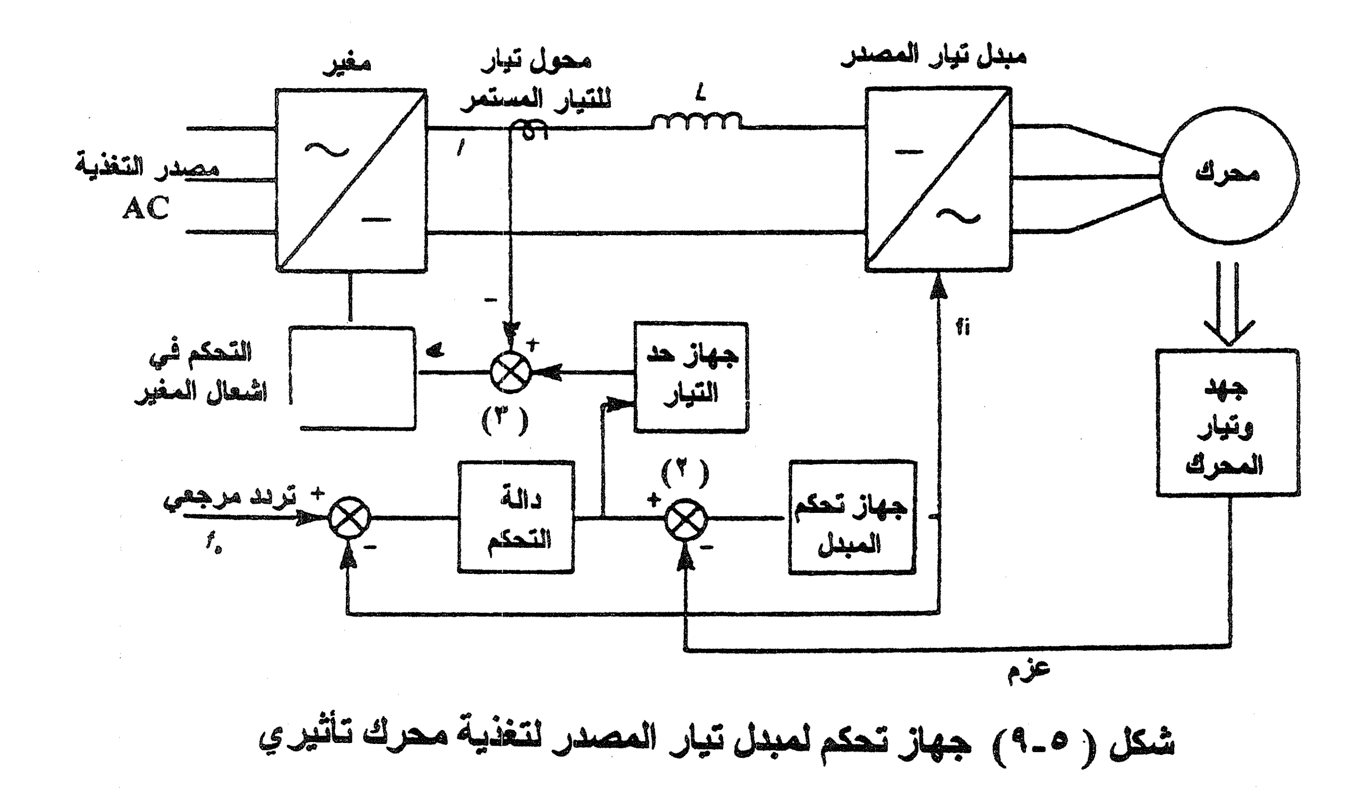
تتم عملية الكبح (braking) عن طريق تقليل تردد المبدل وذلك عندما يعكس جهد مدخل المبدل، بوضع موحد المصدر فى حالة عكس (inverting mode) وإعادة القدرة إلى مصدر AC.

الخلاصة فإنه للحصول على تحكم خطى سلس فى سرعة المحرك يلزم تغير تردد الجهد المسلط على ملف مجال العضو الثابت.

وينقسم هذا التحكم إلى طريقتين هما:

أ - نظام مبدل / موحد Rectifier - inverter systems

فى هذا النظام يتحول التردد من خلال مرحلتين، الأولى يكون التردد فيها ثابت وهو تردد الخط (٥٠ أو ٦٠ هرتز) والذى يوحد إلى تيار مستمر DC، أما المرحلة الثانية فيتم فيها تحويل التيار المستمر إلى تردد متغير AC من خلال



شكل (٥-٩) جهاز تحكم لمبدل تيار المصدر لتغذية محرك تأثيري

مبدل. عند استخدام ثايرستورات (thyristors) للمبدل فيمكن الحصول على تردد مخرج حتى ١٠٠٠ هرتز.

ب - نظم مغير الترددات (Cycloconverter)

وفيه تردد المدخل ثابت (٥٠ أو ٦٠ هرتز) بينما تردد المخرج متغير حتى ٢٥ هرتز.

يوجد ثلاثة أنواع من نظم مبدل / موحد وهى الشائعة الاستخدام حالياً:

أ - مدخل جهد متغير (Variable - voltage input (VVI

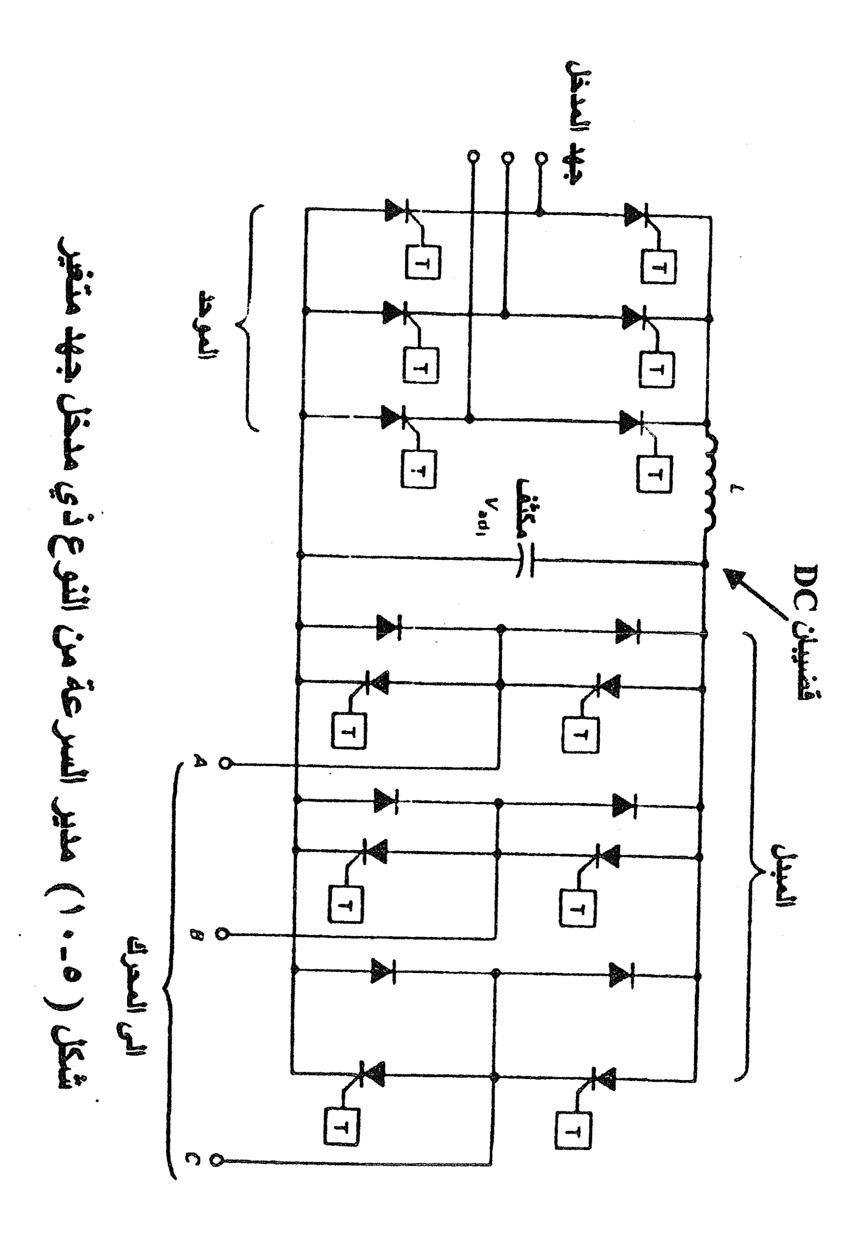
(والتى تعرف أيضاً بمبدل جهد المصدر (voltage source inverter (VSI)

يوضح شكل (٥ – ١٠) مكونات هذا النوع. تغير قنطرة التحكم فى الطور (phase-controlled bridge) كمية مدخل الجهد المستمر (DC) للمبدل. نحصل على المخرج من المبدل فى حدود بين جهدى قضبان DC (الموجب والسالب). وتكون زاوية الاختلاف بين مخرج الأطوار الثلاثة ١٢٠° كهربائية، وعلى ذلك يحدث تأثير لمجال العضو الدوار عند تسليط الجهد على ملفات العضو الثابت. يمكن تغير اتجاه الدوران عن طريق إشغال (firing) ديودات ثايرستورات المبدل (inverter thyristor diodes) بتتابع مختلف. ويتم تغير تردد العضو الثابت عن طريق إشعال وتوحيد (commutating) كل ثايرستور لفترات زمنية مختلفة.

مديرات السرعة من النوع VVI تعتبر من أكثر المديرات شيوعاً فى هذه الأيام والتى تستخدم فى تطبيقات حتى ٤٠٠ حصان للمضخات والمراوح والمطاحن وماكينات المنشار (saws).

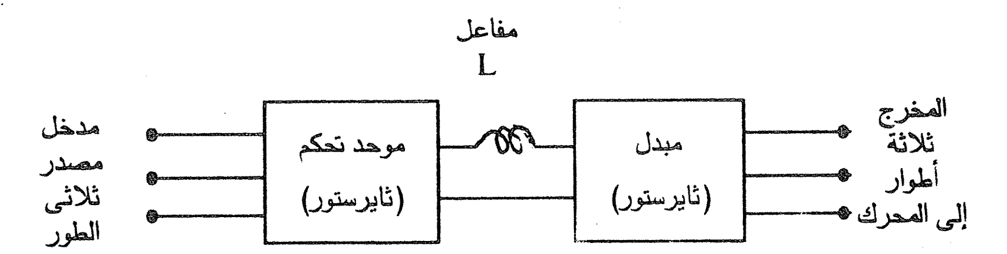
٢ - مبدل تيار المصدر (Current - source inverter (CSI:

يوضح شكل (٥ – ١١) تمثيل مكونات هذا المبدل. وهى عبارة عن قضبان تيار مستمر DC متغير ويتحكم فيه من خلال منظم ثايرستور، ومفاعل مرشح DC كبير، والمبدل. فى هذا النوع ينظم تيار DC للمبدل من خلال الموحد والمرشح.



شكل (٥-١٠) مغير السرعة من النوع ذي مدخل جهد متغير

وعادة يكشف عن التيار باستخدام حساس (sensor) يوصل بعد المفاعل. ويستخدم هذا النظام فى تطبيقات المحركات أكبر من ١٠ حصان.

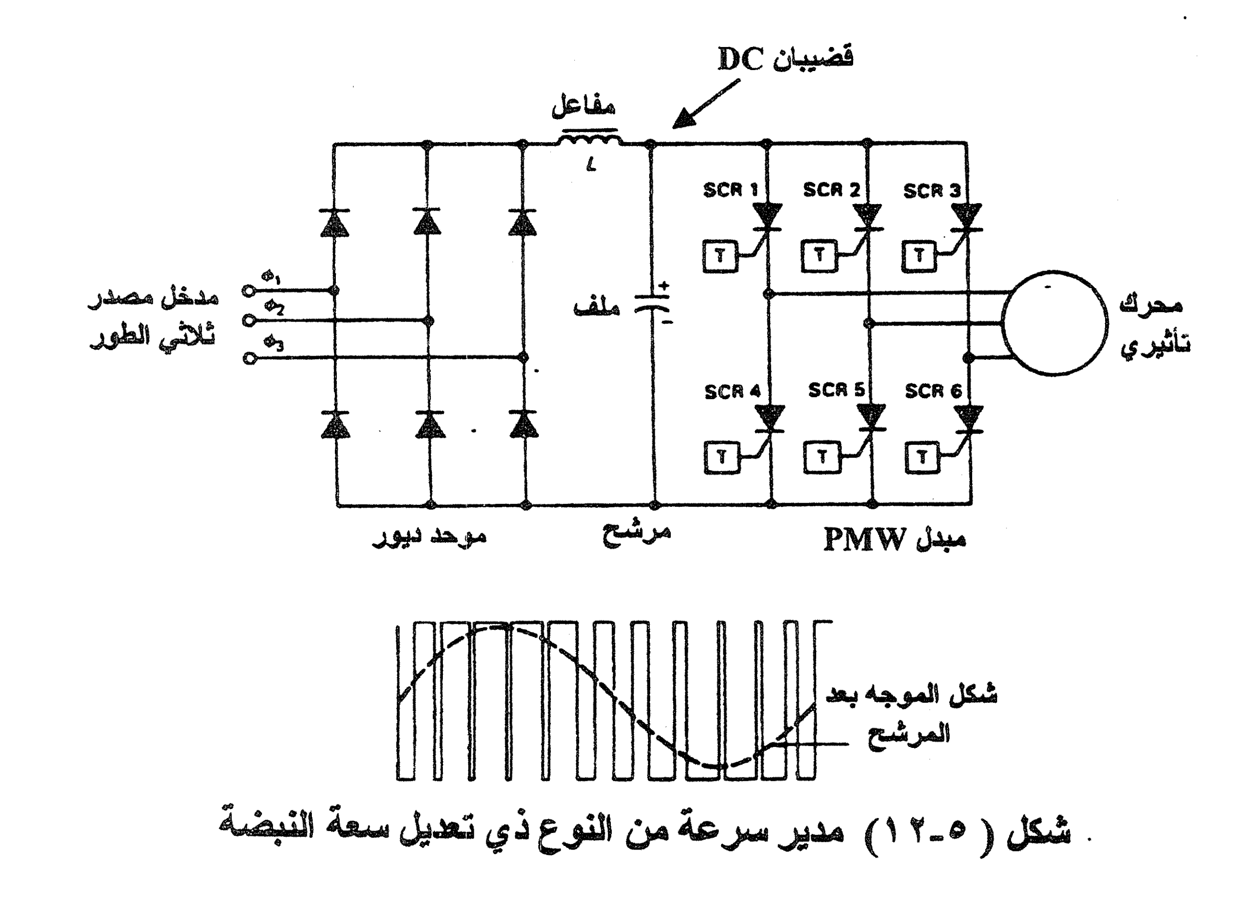


شكل (٥ - ١١) مبدل تيار المصدر

٣ - نظام تعديل سعة النبضة (Pulse-width modulating (PWM):

يوضح شكل (٥ – ١٢) تمثيل لمكونات هذا النظام، وفيه تستخدم الديودات وليس الثايرستورات كما فى الحالات السابقة. فهو لايحتاج لاستخدام الثايرستورات لأن هذا النظام يعتمد على أن جهد مدخل المبدل هو جهد ثابت (DC).

تتشكل موجة المخرج النبضية (pulsed output) عن طريق تغيير زمن البوابة (gating) والتوحيد (commutation) . يمتاز هذا النظام بأنه أقل أنظمة مديرات السرعة المولدة للتوافقيات. ويستخدم هذا النظام للتحكم فى سرعة المحركات, DC و AC . ويستخدم فى تطبيقات الناقلات (conveyors) والمراوح والمضخات.



شكل (٥-١٢) مدير سرعة من النوع ذي تعديل سعة النبضة .

مشاكل مديرات سرعة المحركات القابلة للضبط :

يكون لاستخدام مديرات السرعة القابلة للضبط (Adjustable Speed Drives) (ASD) [والتى تعرف أيضاً بمديرات التردد المتغيرة (Variable Frequency Drives) (VFD)] فوائد عظيمة متعددة نتيجة لتوفيرها فى الطاقة المستخدمة ومقدرتها على التحكم فى السرعة. تطورت تكنولوجيات مديرات سرعة المحركات AC خلال السنوات الماضية تطوراً كبيراً جداً. ولقد بدأت باستخدام الموحد السيليكونى المحكوم (SCR)(Silicon Controlled Rectifier) أو مقوم ترانزستورى [١] (ثايرستور Thyristor) ثم استخدام ترانزستور وصلة ثنائى القطبية (Bipolar Junction Transistor) (BJT) والذى أمكن استبداله بمبدل تيار المصدر (Current Sourced Inverter) (CSI) كأساس لاستخدام تعديل سعة النبضة (Pulse Width Modulated) (PWM) لمديرات السرعة القابلة للضبط للمحركات.

يحتاج المحرك لتغير سرعته إلى تردد جديد، لذا يتم تحويل التردد النمطى (٥٠ أو ٦٠ هرتز) إلى تيار مستمر ثم يقطع للحصول على شكل موجة جديدة بالتردد المطلوب. هذه العملية تكون غنية بالمشاكل نتيجة التفكير فى تصميم تقليدى منخفض التكاليف اعتماداً على أن المشترى ينجذب إلى السعر الأرخص.

من مديرات السرعة شائعة الاستخدام المغير ذات ٦ نبضات (6 - pulse converter) والذى يتصف بأنه مدير سرعة منخفض التكاليف . وتكون مكوناته عبارة عن قنطرة ثلاثية الأطوار تحتوى على ديودات (diodes) أو الثايرستورات (SCR) والتى تحول التيار المتردد (AC) إلى تيار مستمر (DC). وتكون النتيجة موجة تيار مدخل غير جيبية (nonsinusoidal) ولكنها دورية (periodic) وغنية بالتوافقيات الفردية ذات الدرجات ٥، ٧، ١١ ...

---

(١) مقوم ترانزستورى : جهاز ثنائى الاستقرار يضم ثلاثة توصيلات أو أكثر.

لماذا يولد ASD التوافقيات ؟:

تكون موجة التيار عند مداخل مدير السرعة (ASD) غير مستمرة. حيث أن الموجة تحتوى على تقاطعات صفرية متعددة مع محور الزمن لدورة كهربائية واحدة. تولد مديرات السرعة ASD المحتوية على مكثفات وقضيب تيار مستمر (DC) ، كما فى شكل (٥ - ١٣) تيار توافقيات نتيجة التيار النبضى (pulsed current) عند مدخل مرحلة عملية التوحيد. يسحب مكثف قضيب DC تيار شحن (charging current) فقط عندما يحدث له تفريغ نتيجة حمل المحرك. يمر تيار الشحن إلى المكثف عندما يكون موحد المدخل فى حالة حياز أمامى (forward biased) والذى يحدث إذا تعدى الجهد اللحظى للمدخل جهد DC عند قضبان DC للمكثف. ويكون التيار النبضى المسحوب بواسطة مكثف قضبان DC غنى بالتوافقيات لأنه فى الحقيقة يكون غير مستمر كما هو واضح فى شكل (٥ - ١٤). ترجع توافقيات الجهد المتولدة من ASD إلى تأثير القمة المسطحة (flat - topping) بسبب المصدر المتردد AC لشحن مكثف قضبان DC بدون أى معاوقة تداخل. تؤدى موجه الجهد المشوهة إلى زيادة توافقيات الجهد والتى بدورها يمكن أن تؤدى إلى احتمال حدوث رنين للشبكة.

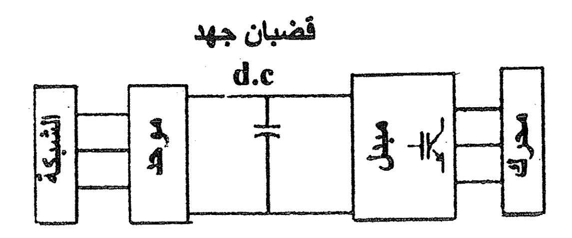
يعبر عن درجة توافقيات التيار الناتجة من مغير أشباه الموصلات (semiconductor converter) خلال التشغيل العادى بالتوافقيات المميزة (characteristic harmonics) . لمغير ٦ نبضات ثلاثى الطور بدون مكثف قضيب DC، فإن التوافقيات المميزة هى التوافقيات الفردية غير الثلاثية (أى الخامسة، السابعة، الحادية عشر، ....). عموماً فإن التوافقيات المميزة المتولدة من المغيرات أشباه الموصلات نحصل عليها طبقاً للمعادلة :

$$h = k q \pm 1$$

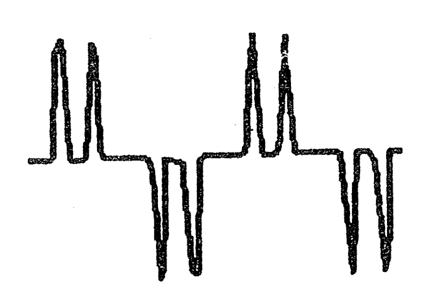
حيث : h : درجة التوافقية

k : أى رقم (١ ، ٢ ، ٣ ، ....)

q : رقم النبضة لمغير أشباه الموصلات



شكل (٥-١٣) مكونات مدير السرعة القابل للضبط



شكل (٥-١٤) شكل موجة التيار النبضي

عند تشغيل نظام مبدل – موحد ٦ نبضات مع مكثف قضبان DC (أى مبدل جهد المصدر votage source inverter VSI) فيجب ملاحظة درجة التوافقيات لأنها لاتخضع للمعادلة المذكورة أعلاه، والتى يطلق عليها التوافقيات غير المميزة (Non - characteristic harmonics) . تكون قيمة الوحدة الكسرية (per unit) للتوافقيات المميزة الموجودة فى موجه التيار النموذجية عند مدخل مغير شبه الموصلات تبعاً للعلاقة $\frac{1}{h}$ (حيث h درجة التوافقية). عملياً تكون الوحدة الكسرية للتوافقيات أكبر كثيراً من القيمة $\frac{1}{h}$ وذلك لأن موجه التيار النموذجية المفترضة هى موجه مستطيلة تتساوى فيها نصفى الموجة الموجبة والسالبة، وكل منهما تشغل ١٢٠ درجة كهربائية.

ولكن يلاحظ أن الموجة غير المستمرة النبضية هى الشائعة عند مدخل ASD والتى تكون مختلفة تماماً عن الموجة النظرية النموذجية المفترضة.

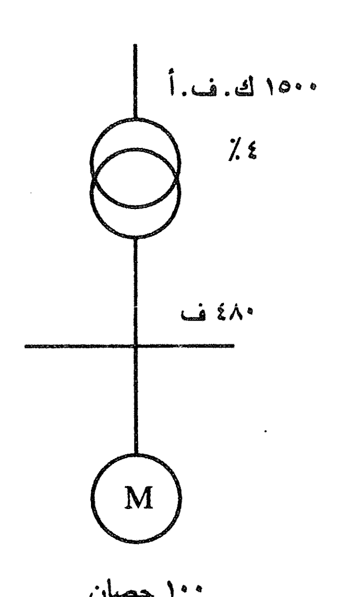
يوضح جدول (٥ – ١) التوافقيات الكلية للتيار (THDI%) لموحد ٦ نبضات.

جدول (٥ - ١) التوافقيات الكلية لتيار موحد ٦ نبضات

القدرة		THDI %
الحصان	ك . وات	
≤ ٢٠ حصان	≤ ١٥ ك . وات	< ١٠٠٪
٢٥ – ٤٠ حصان	١٨ – ٣٠ ك. وات	٨٠ – ١٠٠٪
٥٠ – ١٥٠ حصان	٣٧ – ١١٢ ك. وات	٦٠ – ٨٠٪
> ٢٠٠ حصان	> ١٥٠ ك. وات	٥٠ – ٧٠٪

ويوضح شكل (٥ – ١٥) موجتى الجهد والتيار لمدير سرعة AC ذى ٦ نبضات ويلاحظ أن شكل موجة التيار عبارة عن فصين (dual - lobed) وهو النموذج الشائع لشكل موجة التيار لكثير من مديرات السرعة.

مثال:



محرك تأثيرى ١٠٠ حصان يحتوى على مدير سرعة قابل للضبط (ASD) يتغذى بجهد ٤٨٠ ڤولت من خلال محول توزيع قدره ١٥٠٠ك.ف.أ. له نسبة معاوقة ٤٪.

التيار المقنن للمحرك ١٢٤ أمبير عند ٤٦٠ ڤولت.

احسب التوافقية الكلية للتيار المسموحة للمحرك التأثيرى.

الحل:

$$\text{التيار المقنن لمحول التوزيع} = \frac{(\text{١٥٠٠ ك.ف.أ}) \times (\text{١٠٠٠})}{\sqrt{\text{٣}} \times \text{٤٨٠ ڤولت}} = \text{١٨٠٦ أمبير}$$

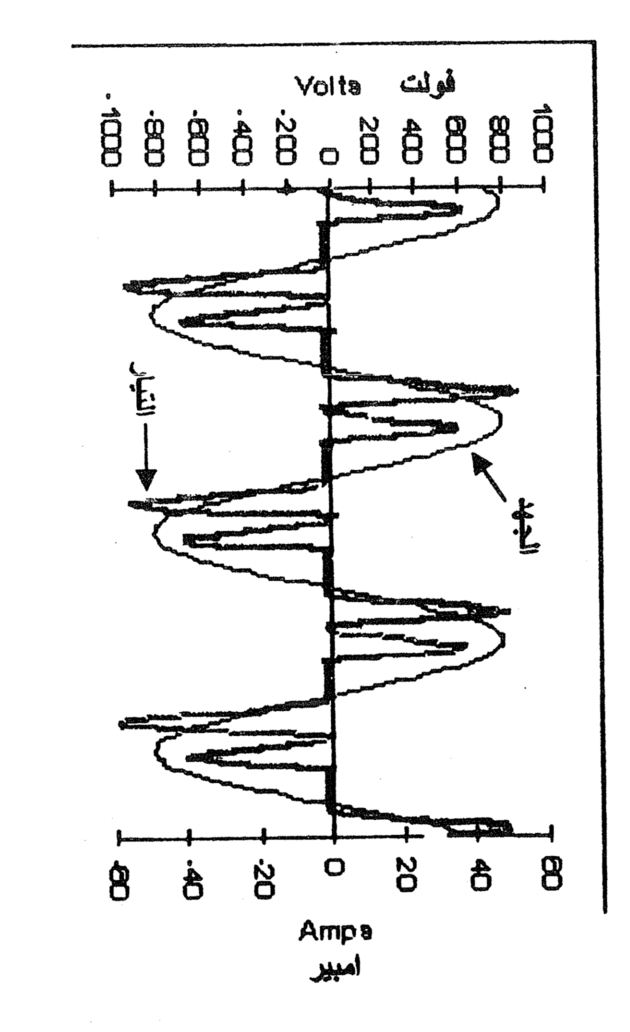
تيار القصر عند قضبان الجهد المنخفض للمحول =

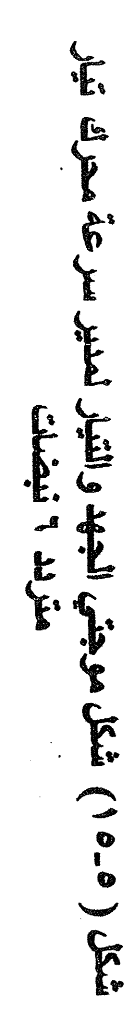
$$\frac{\text{التيار المقنن لمحول التوزيع}}{\text{نسبة المعاوقة}} = \text{٤٥١٠٥ أمبير}$$

$$\text{النسبة بين تيار القصر وحمل المحرك } \left(\frac{I_{S.C}}{I_L}\right) = \frac{\text{٤٥١٠٥}}{\text{١٢٤}} = \text{٣٦٤}$$

من جدول قيم التوافقيات الكلية للتيار المسموحة بالمواصفات القياسية IEEE 519 - 1992

فإن التوافقية الكلية للتيار المسموحة عند ٣٦٤ تساوى ١٥٪.





شكل (٥-١٥) شكل موجتي الجهد والتيار لمغير سرعة محرك تيار متردد ٦ نبضات

٢ - رنين الخط (Line Ringing or Resonance):

من أكثر المشاكل شيوعاً والتى تتعرض لها مداخل المديرات ما يعرف «برنين الخط». والذى يوصف بأنه وضع للترددات الأعلى فوق موجة القدرة. وتصبح الموجة الأساسية محملة بالترددات الأعلى. نمطياً فإن رنين الخط يرجع إلى تشغيل مكثفات تحسين معامل القدرة المركبة بالمصنع أو بشبكة التغذية الكهربائية . كلما بعد مصدر الرنين كلما انخفض تردد الرنين. عادة تسبب مكثفات تحسين معامل القدرة المركبة بالشبكة رنين لمدى ترددات من ٣٠٠ إلى ٦٠٠ هرتز. وغالباً تستمر ظاهرة الرنين لمدة من ربع دورة إلى دورة واحدة. حيث أنه عند تشغيل المكثفات تسحب تيار بداية عالى فيحدث تغير اضطرارى بمقاومة الشبكة والتى تؤدى إلى إزاحة نقطة الرنين وسريان تيار التوافقيات بقيمة أعلى من التوافقيات العادية عند تردد الرنين. هذه التيارات تسبب تشوه موجة الجهد.

لحالات الرنين خطورة على SCR المكونة للمديرات لأنها تسبب اضطراب لدائرة الكشف عن نقط التقاطع الصفرى (Zero crossing) بالمدير مؤدية إلى حدوث إشعال خاطئ (False firing). أصبح الكثير من المديرات لاتستخدم SCR، فى الحقيقة فإن مديرات PWM لاتعتمد على التقاطع الصفرى لموجة القدرة . ولكن تظل حالة الرنين خطر على هذه المديرات لأن توافقيات الرنين تكون قريبة من ذروة الموجة الأساسية والتى يمكن أن تسبب جهود زائدة.

يوجد لكل مدير سرعة مكثف الواجهة الأمامية للمرشح (Front - end capacitor)، هذا المكثف يحاول أن يغير نفسه عند ظهور جهد الذروة. خلال الرنين، يكشف عن الجهد الداخلى للذروات الأعلى ويفصل مدير السرعة، وهذه الحالة تختلف عن حالة التشغيل الخاطئ بالمديرات المحتوية على SCR، كثير من صناع المديرات يضيف مقاوم متغير ذى معدن مؤكسد MOV [1] (Metal Oxide Varistor) عند الواجهة الأمامية لدوائر القدرة للتغلب على الجهود

---

(١) مقاوم متغير: مقاوم سلبى تعتمد مقاومته على التيار أو الجهد.

العابرة (transient) ولكن MOV's لايمكن عادة اختياره للتغلب الكافى على مخاطر ذروة قيمة الجهد عند موضع الفصل. ويظل يعمل كوقائى من الجهود العابرة الخارجية غير المصحوبة بحالة الرنين (non - ringing). والنتيجة ، لأغلب حالات الجهود العابرة الناتجة عن رنين الخط، فإن كابح الجهود العابرة بأساسيات MOV لايكون الحل الشافى لمشاكل فصل مديرات السرعة.

من مشاكل مديرات السرعة القابلة للضبط :

- ارتفاع الجهد
- عدم إتزان الجهد
- الجهود العابرة
- التشويش
- رنين الخط
- انخفاض كفاءة المحرك
- ارتفاع درجة الحرارة
- أعطال دائرة الحماية

وفيما يلى توضيح لهذه المشاكل:

١ - ارتفاع الجهد:

تتغذى ملفات المحرك التأثيرى من خلال مخرج مدير السرعة المتغيرة (ASD) بموجة جهد عبارة عن تعديل سعة النبضة [١] (Pulse Width Modulated) (PWM) عموماً، يحدث لموجة المخرج تضمين عند مدى تردد حاملة [٢] (Carrier Frquency) من ١ ك. هرتز إلى ١٩ ك. هرتز. إذا كانت

---

(١) تضمين النبضات : استخدام سلسلة من النبضات المضمنة أو المميزة لنقل المعلومات من هذه الأنواع : تعديل سعة النبضة، تعديل موقع النبضة وتعديل فترة النبضة.

(٢) تردد حاملة : تردد مستمر له القدرة على التضمين بواسطة إشارة.

المسافة بين مكان المحرك ومدير السرعة (ASD) طويلة والتى تسبب عدم ملائمة المعاوقة العارمة [1] (surge impedance) للكابل والمحرك، فإنه ينتج جهد مكبر عند أطراف المحرك. يوصف هذا بالظاهرة المعروفة باسم «انعكاس الجهد» (Voltage reflection).

تعتمد هذه الزيادة فى الجهد عند طرفى المحرك على بعد المسافة بين المحرك و ASD وعلى المقاومة العارمة للكابل والمحرك ويمكن أن تصل هذه الزيادة إلى أعلى من ١,٩ مرة من جهد قضبان DC لمدير السرعة (ASD).

تؤدى هذه الزيادة فى الجهد إلى إنهيار عزل المحرك. وتحدث أغلب هذه الإنهيارات باللفة الأولى للملفات كما فى حالة القصر بين طورين أو القصر بين طور والأرض. ونتيجة محاثة المحرك وسعوية الملفات فإن جهد الذروة ومعدل تغيره $\frac{dv}{dt}$ تقل بسرعة كلما انتقل الجهد خلال الملفات.

٢ - عدم اتزان جهد الأطوار الثلاثة للمدخل:

يعرف عدم اتزان الجهد تبعاً للمعادلة :

$$\text{عدم اتزان الجهد} = \frac{\text{أقصى جهد مقاس للأطوار الثلاثة} - \text{متوسط الجهد المقاس للأطوار الثلاثة}}{\text{متوسط الجهد المقاس للأطوار الثلاثة}} \%$$

$$\text{أى أن عدم اتزان الجهد} = \frac{\text{أقصى انحراف عن القيمة المتوسطة للجهد المقاس}}{\text{متوسط الجهد المقاس للأطوار الثلاثة}} \%$$

فمثلاً إذا كانت قيم الجهود للثلاثة أطوار هى ٤٤٨ ، ٤٦٥ ، ٤٥٠ ڤولت فإن المتوسط يكون ٤٥٤ ڤولت وأقصى جهد ٤٦٥ ڤولت وعليه فإن نسبة عدم اتزان الجهد تكون ٢,٤ ٪.

يؤثر عدم اتزان جهد المدخل فى الجهد الحادث على قضبان DC حيث أنه يصبح غير متساوى كذلك يصبح تيار مدخل الطور A نبضة واحدة مرتفعة القيمة

---

(١) معاوقة عارمة : فى خط كهربائى هى خارج قسمة الجهد على التيار فى الحالة العارمة.

(فى حالة اتزان جهد الأطوار يحتوى تيار الطور على عدد ٢ نبضة كما فى شكل (٥ – ١٦ أ) ويوضح شكل (٥ – ١٦ ب) موجات الجهود الثلاثة وجهد قضبان DC وتيار الطور A .

٣ - حدوث جهود عابرة:

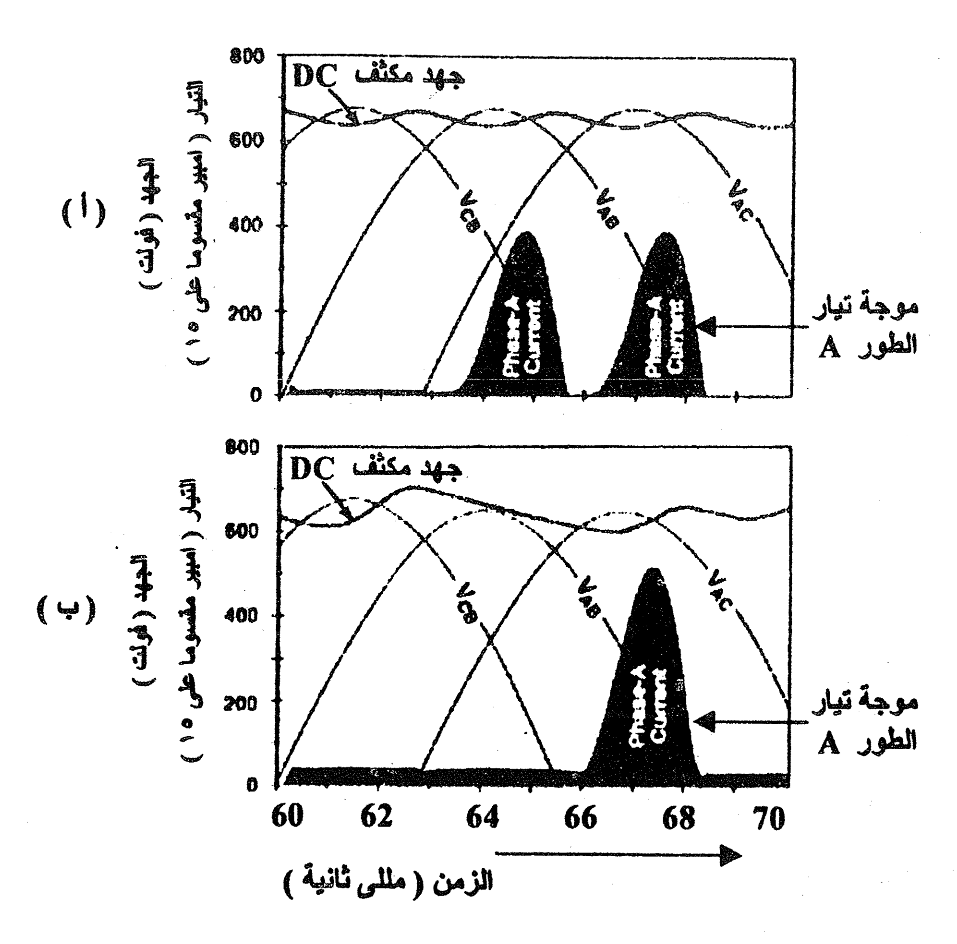
تكون الجهود المسيطرة على مدير السرعة ASD عبارة عن الجهود بين الأطوار [لأن المديرات عبارة عن أحمال متصلة دلتا (delta)] . يخضع الجهد بين طرفى قضيب DC للجهد الطورى الأقصى لمدخل الموحد بينما تشحن مكثفات قضيب DC ثم تنخفض حتى تتعدى موجة الجهد التالية، بين الطورين، جهد قضيب DC . خلال تشغيل المكثف يشحن قضيب DC إلى قيمة ذروة الجهد العابر بين طورين (phase to phase transient) كما فى شكل (٥ – ١٧) . إذا تعدت هذه القيمة نقطة الضبط ضد زيادة الجهد لمدير السرعة عندئذ ينفصل مدير السرعة.

يعبر عن حالة الجهد العابر الشديد المصاحب لعملية تشغيل المكثف بأقصى قيمة بالوحدة الكسرية pu (per unit) منسوبة إلى الجهد الأساسى. مثلاً يوضح شكل (٥ – ١٨) موجة جهد الطور A أى V_{AN} عند لحظة تشغيل المكثف والتى عندها الجهد يساوى ٥٢٨ ڤولت وهو يمثل ١,٣٤ وحدة كسرية [منسوباً إلى الجهد الأساسى ٢٧٨ ڤولت أى أن $\sqrt{\frac{528}{278}} = 1.34$] . بينما يمثل شكل (٥– ١٩) موجة جهد الطور B أى V_{BN} والتى لم تتعرض لارتفاع فى الجهد.

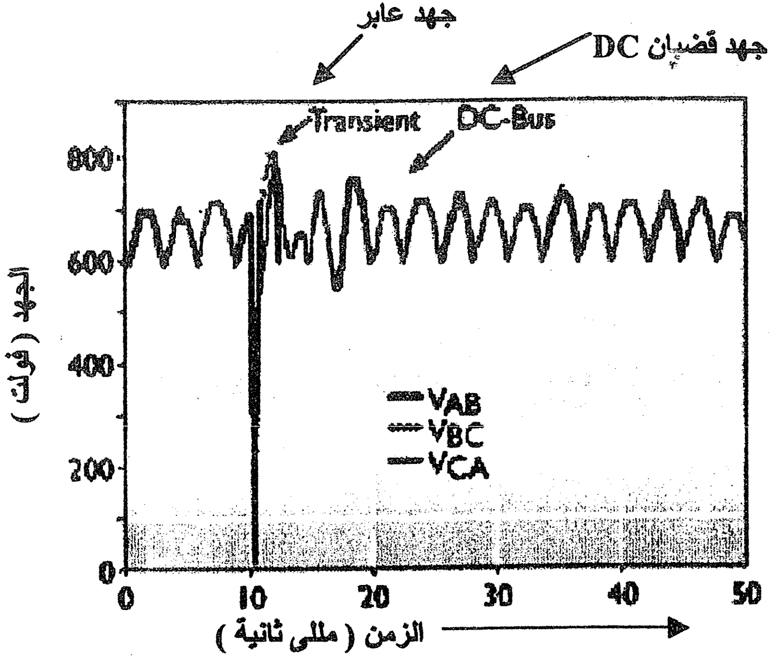
يتم الحصول على الجهد الحادث بين الطورين V_{AB} تبعاً للمعادلة :

$$V_{AB} = V_{AN} - V_{BN}$$

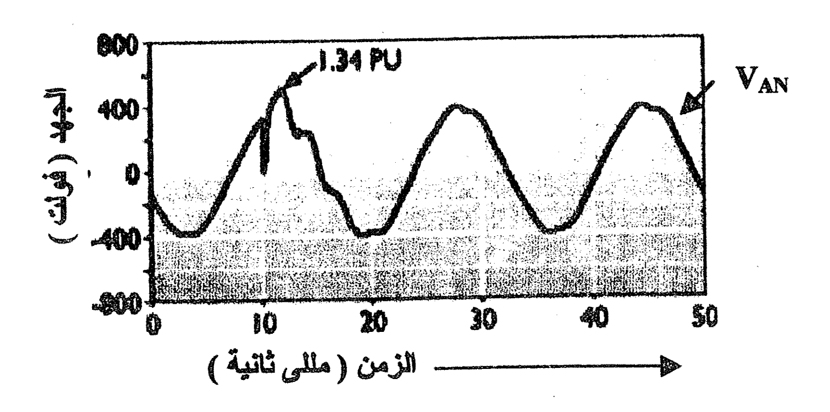
من الشكلين (٥ – ١٨) ، (٥ – ١٩) يمكن الحصول على شكل (٥ –٢٠) والذى يمثل موجة الجهد V_{AB} وفيه قيمة ذروة الجهد العابر تكون فقط ١,١٦ وحدة كسرية (pu) .



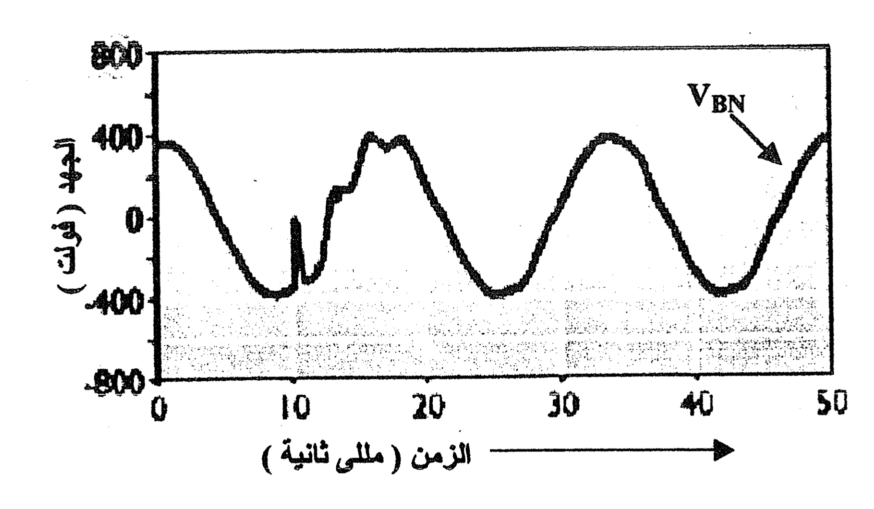
شكل (٥-١٦) موجات الجهد الثلاثة وجهد قضبان مكثف DC وموجة تيار الطور A



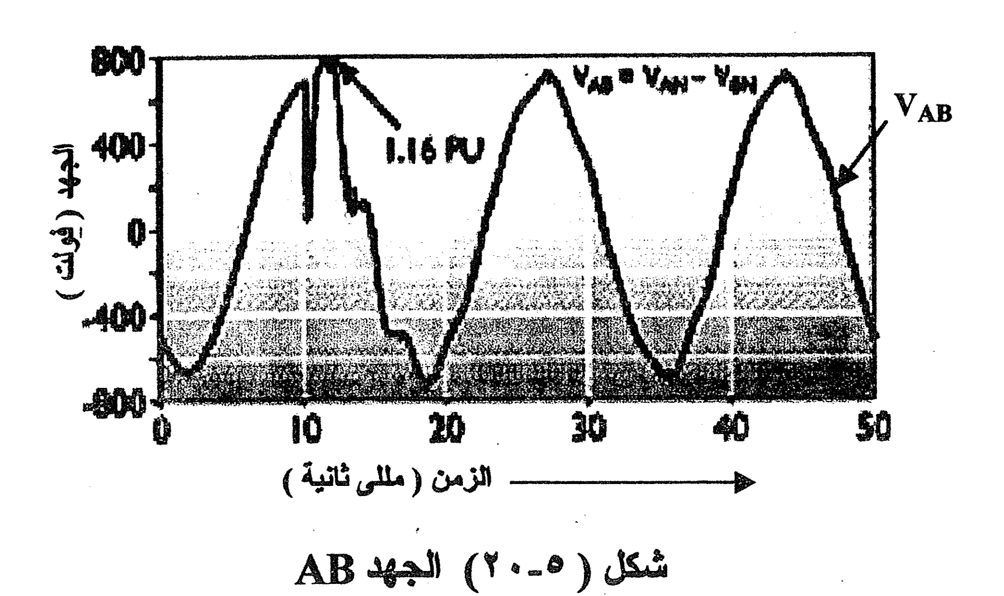
شكل (٥-١٧) تمثيل للجهد العابر وجهد قضبان DC



شكل (٥-١٨) موجة جهد الطور (A)



شكل (٥-١٩) موجة الجهد الطور B



شكل (٥-٢٠) الجهد AB

٤ - ارتفاع درجة حرارة المحرك (motor temperature rise):

تسخن المحركات التى تدور من خلال ASD أكثر مما لو عمل المحرك عند التردد الأساسى (٥٠ هرتز). والسبب أن موجة المخرج من ASD لاتكون موجة جيبية نقية ولكنها تحتوى على التوافقيات والتى تسبب مرور التيارات عند الترددات الأعلى. تسبب الترددات العالية مفقودات قدرة إضافية وحرارة تتبدد من خلال حديد المحرك، بينما تسبب التيارات الأعلى مفقودات قدرة إضافية وحرارة تتبدد من خلال ملفات النحاس للمحرك. نموذجياً، تتعرض المحركات ذات القدرة (الحصان) الأكبر (محاثة أقل للمحركات) لحرارة أعلى عند عملها من خلال (ASD).

٥ - تشويش المحرك (Motor Noise):

نتيجة تواجد التوافقيات والتردد المحمل (carrier frequency) فى أغلب مديرات تعديل سعة النبضة (PWM) فإن المحركات المجهزة بمديرات السرعة يصدر عنها تشويش مسموع. يعتمد التشويش المسموع على حجم المحرك والحمل والسرعة والتركيب.

٦ - انخفاض كفاءة المحرك (Motor efficiency):

كما ذكر سابقاً فإن توافقيات التيار والترددات تسبب مفقودات قدرة إضافية لكل من الملفات النحاس والجزء الحديدى بالمحرك، وعليه فإن القدرة الفعالة الميكانيكية للمحرك تنخفض. تظهر هذه المفقودات كحرارة.

٧ - أعطال دائرة حماية القصر:

عند تعرض المحرك لدائرة القصر (short circuit) فإن أغلب ترانزستورات مدير السرعة تنهار. وعلى الرغم من احتواء مديرات السرعة على حماية ضد زيادة التيار، إلا أن تيارات دائرة القصر يمكن أن تكون كبيرة جداً وتستمر لزمن يسبب إنهيار المكونات.

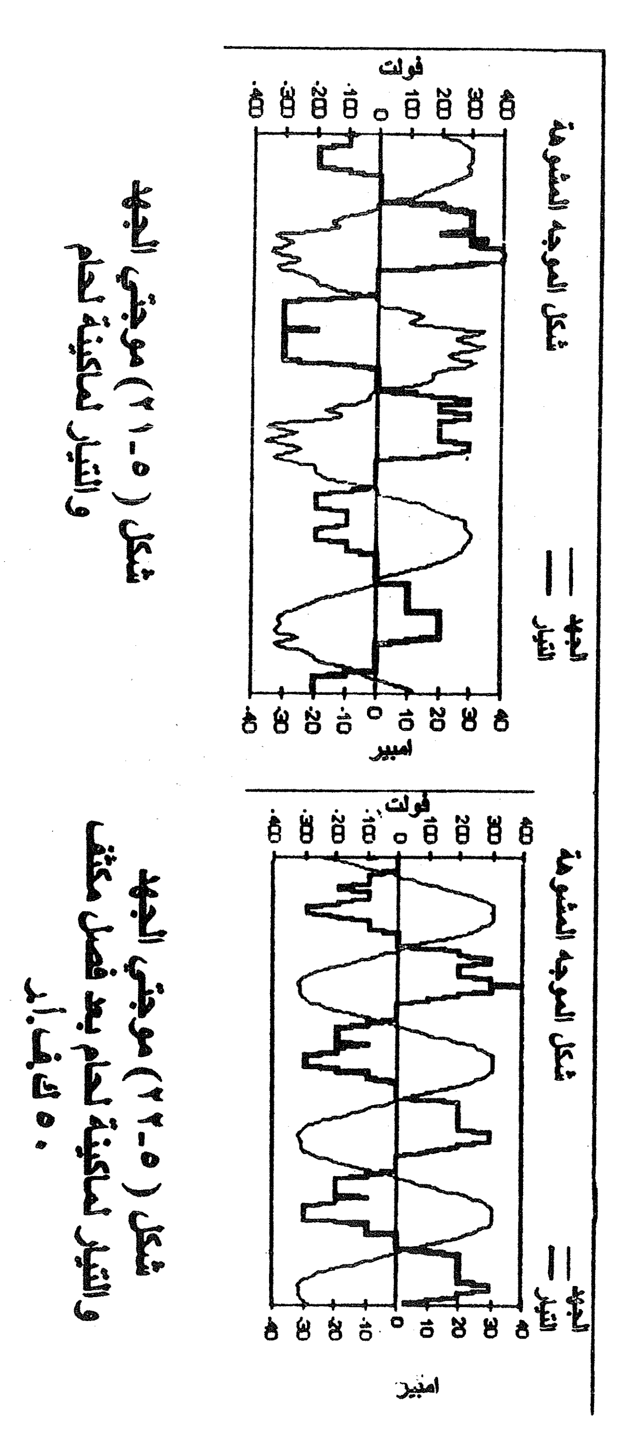
بعض أمثلة من مشاكل مديرات السرعة:

١ – يوضح شكل (٥ – ٢١) موجة الجهد وموجة التيار المقاسة على لوحة مصدر تغذية ماكينة لحام تعمل آلياً (robotic welder) وطول كابل التغذية بين اللوحة والماكينة حوالى ٢٠٠ قدم . ومركب على مدخل ماكينة اللحام مفاعلة خط (line reactor) بقيمة ٣ ٪.

توضح هذه الأشكال مشكلة وجود ترددات أعلى شديدة، والتى غالباً ما تكون ترددات التوافقيات ١١ ، ١٣ .فى حالة تشغيل المكثفات تتغير معاوقة ماكينة اللحام والتى غالباً تسبب تيار بداية التشغيل العالى والثابت بقيمة مناسبة والحادث خلال دورة اللحام. تسبب ماكينة اللحام حالة رنين للنظام كل وقت إشعال. بينما وجود مفاعلة الخط تحسن حالة الرنين عن ما إذا لم تتواجد المفاعلة، ولكنها لاتعتبر الحل الكافى لمشكلة تيار بداية التشغيل العالى.

من الطرق الأخرى الجيدة للتعامل مع مشاكل الرنين أن يزاح تردد الرنين، ولا يوصى بإضافة ممانعة حاثية (inductive reactance) ولكن بتحريك أو نقل أو إلغاء ممانعة سعوية (capactive reactance) فأحياناً يلاحظ وجود مكثفات تحسين معامل القدرة فى أمكان متعددة بالشبكة لاتعمل ويمكن أن يكون بعضها عاطل أو محترق. فمثلاً يمثل شكل (٥ – ٢٢) نفس القياس الذى تم لماكينة اللحام ولكن بعد فصل مكثف قدرة ٥٠ ك. ف. أ.ر. وعندئذ يفضل أن يكون الحل إلغاء مكثف تحسين معامل القدرة المركب مع ماكينة اللحام وتركيب وحدة فض توليف (detuned unit) عند مصدر التغذية الرئيسى، ويلاحظ أنه لايمكن التحكم فى مشكلة تغير معاوقة النظام (system impedance) ويظل احتمال التعرض لحالة الرنين وارد.

٢ – فى مصنع تغليف أغذية تكرر حدوث إنهيار لمديرات السرعة. ولم يتمكن من تحديد سبب المشكلة وتتصف الأحمال بأنها تحتوى على ترددات منخفضة تقليدية، ومركب بالمنشأة مكثفات تحسين معامل القدرة ذات قدرة



شكل (٥-٢١) موجتي الجهد والتيار لماكينة لحام

شكل (٥-٢٢) موجتي الجهد والتيار لماكينة لحام بعد فصل مكثف ٥٠ ك.ف.ا.ر

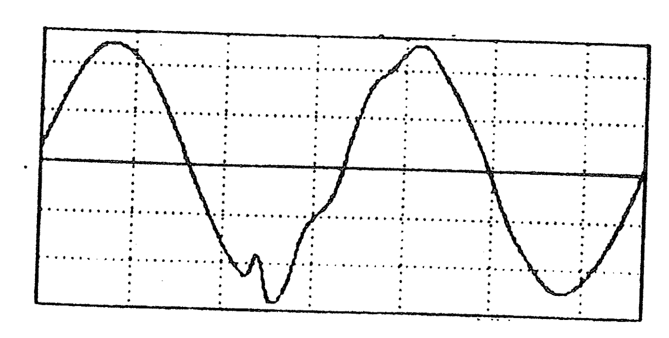
كبيرة. ولا توجد مكثفات بمصدر التغذية حتى عدة مئات من الأميال وإن مكثفات المنشأة معزولة (مفصولة).

بالدراسة وجد أن إنهيار مديرات السرعة يرجع إلى تكرار حدوث جهود زائدة وجهود عابرة. وفرض احتمال حدوث رنين ، فكيف يحدث رنين على الرغم من أن المكثفات مفصولة ؟

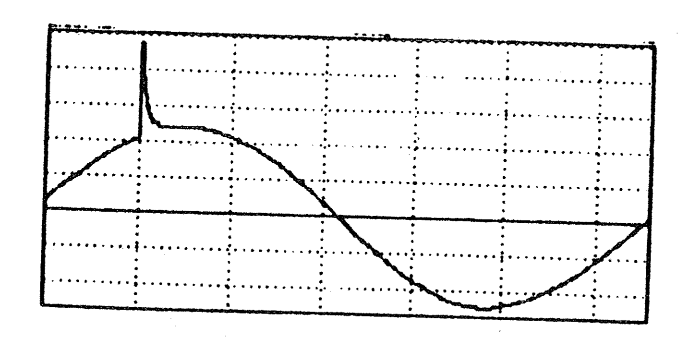
وكانت الإجابة أن أفضل نظرية، عند هذا الزمن، لحدوث الرنين يرجع إلى التعرض لتيار عالى أثناء الأعطال الأرضية على دوائر فرعية أخرى. أى أن المكثفات ليست هى السبب فى تيارات البداية الكبيرة (in - rush current).

تم تسجيل موجة الجهد أكثر من مرة، يبين شكل (٥ – ٢٣) أحد هذه النتائج والذى يوضح أن الأحمال غير مصدرة للتوافقيات (أى أنها تحتوى على ترددات منخفضة تقليدية) بينما يبين شكل (٥ – ٢٤) موجة الجهد لأحد الأطوار والتى حدث بها نتوء (spike) مرتفع القيمة . ولقد تكررت على الأطوار الثلاثة بالقرب من القيمة القصوى للموجة ووصلت إلى ٥٣٧ ڤولت ولذلك يجب تركيب حماية ضد الجهود العارمة (surge protection) والتى لا تنتج من حالة الرنين. بالدراسة اتضح أن قيمة جهد النبضة وزمنه كانتا نتيجة ظواهر داخل المنشأة.

٣ – فى منشأة لمعالجة الصرف الصحى حدث إنهيار للوحة التغذية الرئيسية لمديرات السرعة وأعطال بنقط تلامس المكثفات. يوجد بهذه المنشأة مكثفات تحسين معامل القدرة. تم قياس الجهد والتيار على أحد مداخل مدير تردد متغير AC ، ٣٥ حصان وسجلت مرتين فى شكل (٥ – ٢٥) . ولقد تعرضت المنشأة لخسارة كبيرة نتيجة انهيار وأعطال الالكترونيات بمديرات السرعة والتى تشير إلى أن مصدر التغذية غير نقى. ولايوجد بالمنشأة وقاية



شكل (٥-٢٣) موجة جهد احد الاطوار
لاحمال مصنع تغليف



شكل (٥-٢٤) موجة الجهد المحتوية على نتوء
لاحد الاوجه لاحمال مصنع تغليف الاغذية

ضد الجهود العارمة أو العابرة (surge suppressor) . وبالتالى يمكن تعرض مديرات السرعة للإنهيار. أثناء تسجيل اللقطات فى شكل (٥ – ٢٥) بدأ تشغيل محرك ٧٥ حصان وصاحبه توصيل نقط تلامس (contactor) مكثفات تحسين معامل القدرة. بداية تشغيل المكثفات تشبه مواضع اندفاعات التيار فى شكل (٥ – ٢٥) ويظهر فى الأشكال أيضاً تشوه موجتى الجهد والتيار بالتوافقيات وذلك نتيجة أن مصدر الاضطرابات قريب جداً من موضع القياسات.

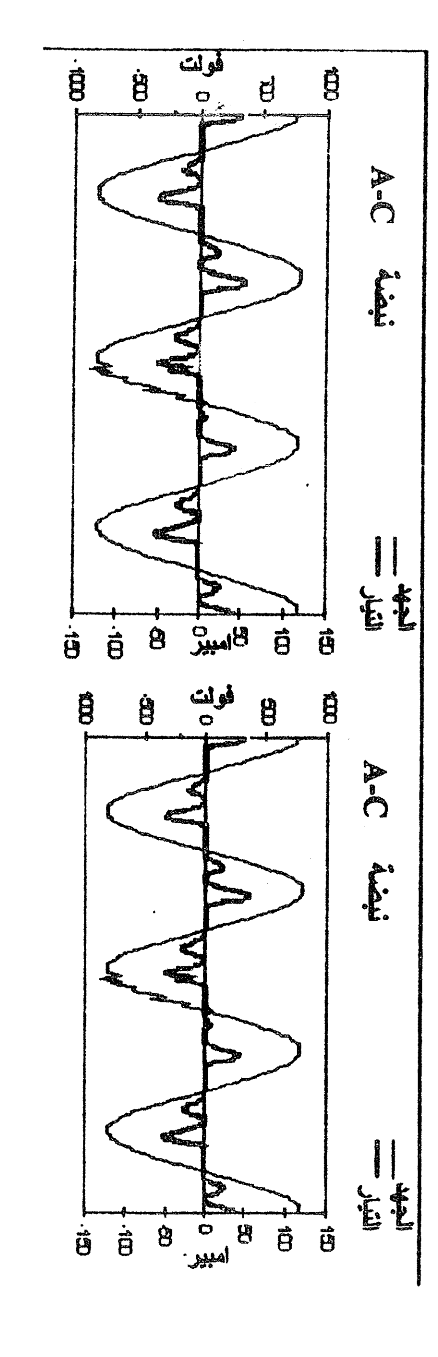
فى هذه الحالة يكون أبسط وأرخص طرق العلاج إضافة محول عزل (Isolation Transformer) أو مفاعل الخط (Line reactor) .

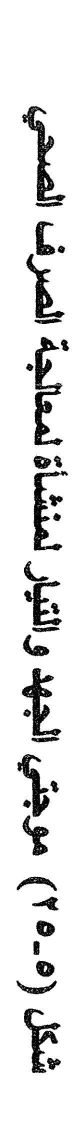
يفيد محول العزل فى حالة موائمة الجهد وتوهين تشويش التردد العالى وتقليل مشاكل التشويش المشترك. بالإضافة إلى أنه يصطاد التوافقية الثالثة للتيار المار بمسار التعادل. ويجهز محول العزل معاوقة خط إضافية لتوهين الرنين ولكن عندئذ يجب أن يكون محول التوزيع ذو تصميم مكمل.

مفاعل الخط إما أن يكون من النوع ذى القلب الحديد iron - cored أو قلب هواء (air - cored) عادة يجهز الصناع مديرات السرعة المتغيرة بمفاعل خط يركب جهة الحمل وهذا المفاعل يساعد فى علاج الكثير من المشاكل المتعلقة بتيار بداية التشغيل للمحرك وبمعاوقة المخرج والرنين.

توصف مفاعلات الخط بـ ٣٪ أو ٥٪ والتى تعنى الهبوط فى الجهد بين الخط (الطور) والتعادل على طرفى المفاعل. لايسبب هبوط الجهد بنسبة ٥٪ أى تأثير على تشغيل مديرات السرعة للمحركات AC.

٤ – بمبنى مكاتب تجارية حدثت سخونة زائدة وشديدة لمحولات التغذية. بالمبنى يوجد مديرات سرعة لمحركات أحادية الطور تستخدم لنظم التكييف. يغذى المبنى من خلال محولين تغذية، قدرة كل محول ٤٥ ك. ف. أ. والأحمال عبارة عن مديرات السرعة فقط. يوضح شكل (٥ – ٢٦)



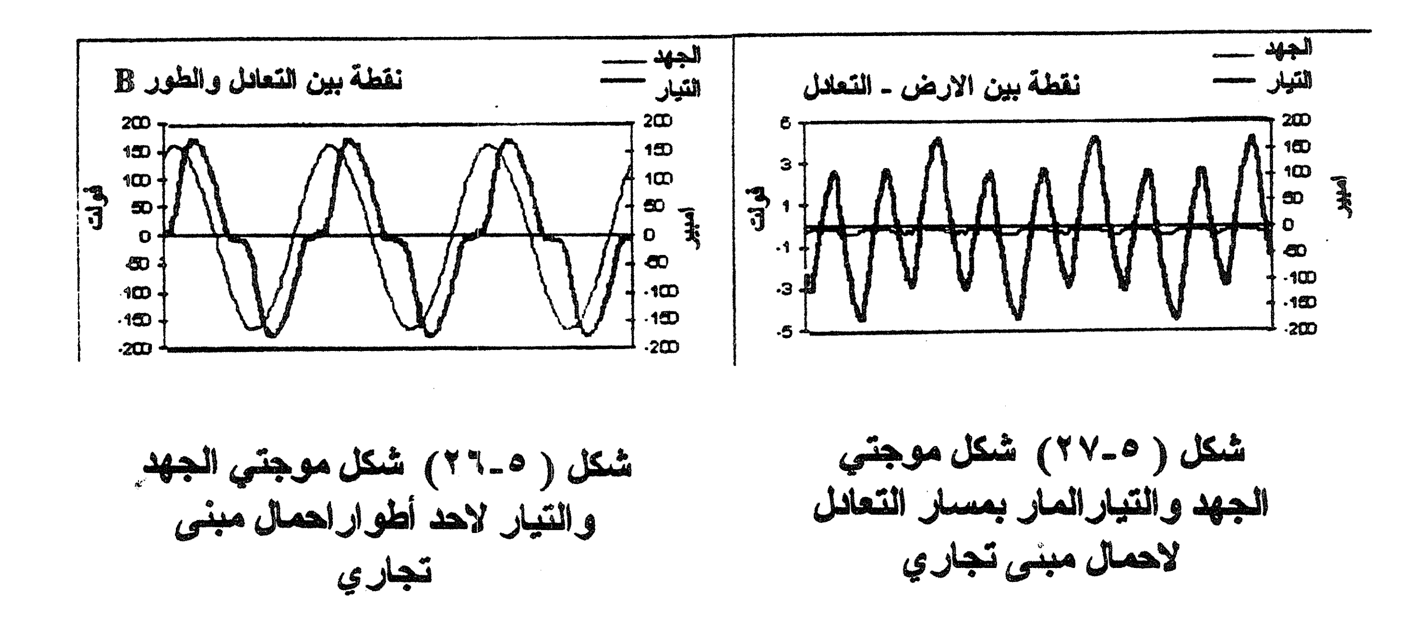

شكل (٥-٢٥) موجتي الجهد و التيار لمنشأة لمعالجة الصرف الصحي

موجتى الجهد والتيار ومن المعلوم أن الأحمال أحادية الطور تسبب مرور تيارات التوافقية الثالثة بمسار التعادل. تم تسجيل موجتى الجهد والتيار لمسار التعادل كما فى شكل (٥ – ٢٧) والذى يوضح أن أقصى قيمة لتيار التعادل وصل إلى ١٥٠ أمبير والمحتوى على التوافقية الثالثة. تعد المشكلة الكبرى لهذا المبنى هى حدوث سخونة زائدة لمحولات الخدمة. مع إنبعاث أدخنة من أسفل أحد المحولات.

توجد طرق متعددة لعلاج هذه الحالة منها :

– تركيب مرشح للتخلص من التوافقية الثالثة.

– تركيب جهاز للحد من تيار التعادل.



شكل (٥-٢٦) شكل موجتي الجهد والتيار لاحد أطوار احمال مبنى تجاري

شكل (٥-٢٧) شكل موجتي الجهد والتيار المار بمسار التعادل لاحمال مبنى تجاري

مديرات السرعة القابلة للضبط واجتياز الانحدار بنجاح

Ride - Through Adjustable Drive Motor

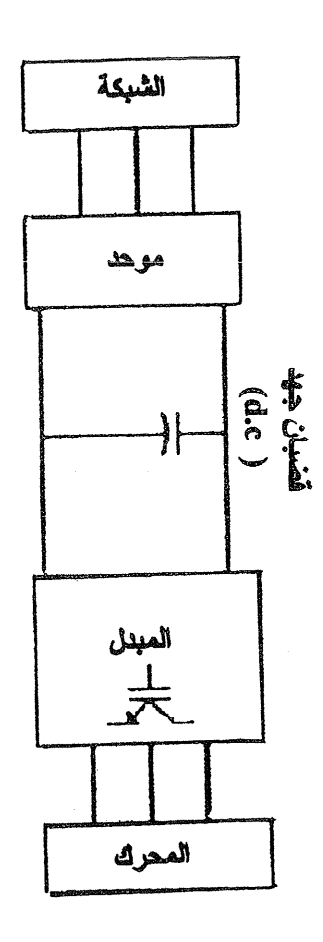
تعتبر مديرات السرعة القابلة للضبط من الأحمال الحساسة فى العمليات الصناعية لأنها غالباً ما تتحكم فى أحمال حرجة – خاصة العمليات الصناعية المتتابعة والمستمرة والتى تعتمد كل مرحلة فيها على الأخرى. لتقليل تأثير اضطرابات مصدر التغذية على العمليات الصناعية، فيجب تجهيز مديرات السرعة بحماية أو على الأقل بمستوى محدد من التحمل لهذه الاضطرابات. يوضح شكل (٥ – ٢٨) تمثيل لمكونات مدير السرعة القابل للضبط والذى يتم فيه تغذية الجهد من خلال موحد إما أن يكون فعال (active) (أى يحتوى على مكونات ترانزستور transistors) أو أن يكون سلبى (passive) (أى يحتوى على مكونات ديودات diodes). ويبين شكل (٥ – ٢٩) توضيح لمكونات شكل (٥ – ٢٨) والذى يلاحظ فيه أن مصدر التغذية لمدير السرعة عبارة عن ثلاثة أطوار V_{AB} ، V_{BC} ، V_{CA} ولا يوجد ربط بين مسار التعادل ومدير السرعة. والموحد المستخدم سلبى ٦ نبضات.

عند اتزان جهود المدخل للثلاثة أطوار فإن مدير السرعة يسحب تيار مدخل عبارة عن نبضتين (two pulses) أو فصين (dual - lobed) لكل طور، وتسحب كل نبضة تيار عالى منعكس (عندما يصبح الديود فى حالة توصيل) وعندئذ يشحن مكثف الربط.

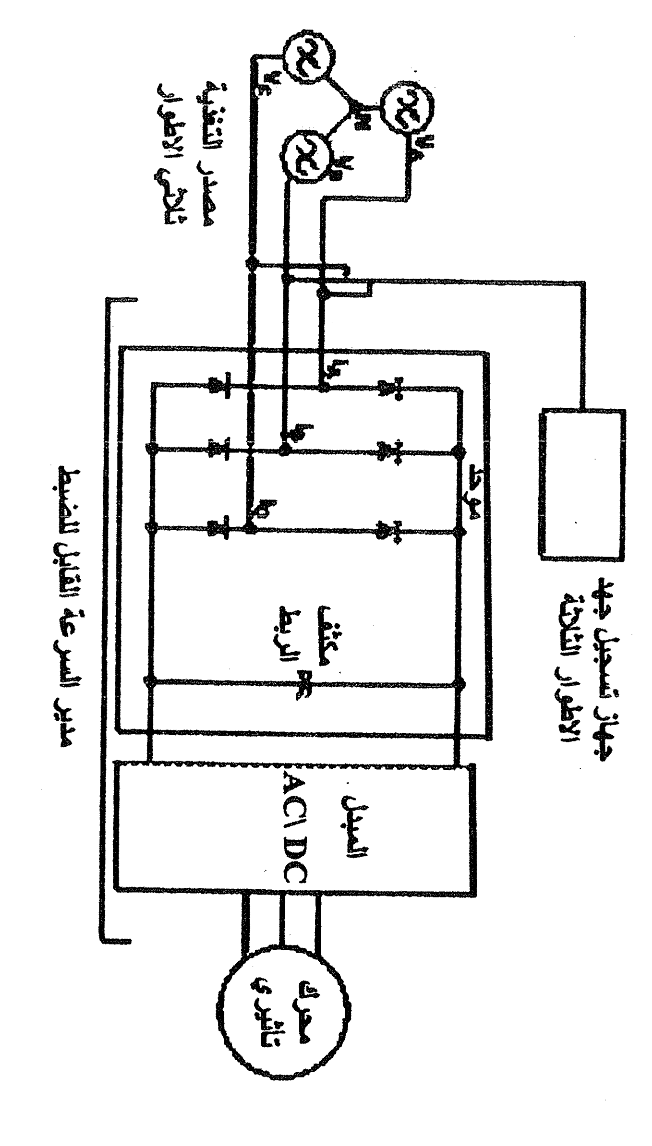
ويوضح شكل (٥ – ٣٠) شكل موجات جهد المدخل للثلاثة أطوار V_{AB} ، V_{BC} ، V_{CA} وموجة جهد مكثف الربط DC وأيضاً موجة تيار المدخل للطور A.

نظراً لأهمية عمل مديرات السرعة القابلة للضبط وأنها تتأثر وتضار إذا تعرضت لانحدارات الجهد (voltage sags) نستعرض فى هذا الباب النقاط الآتية:

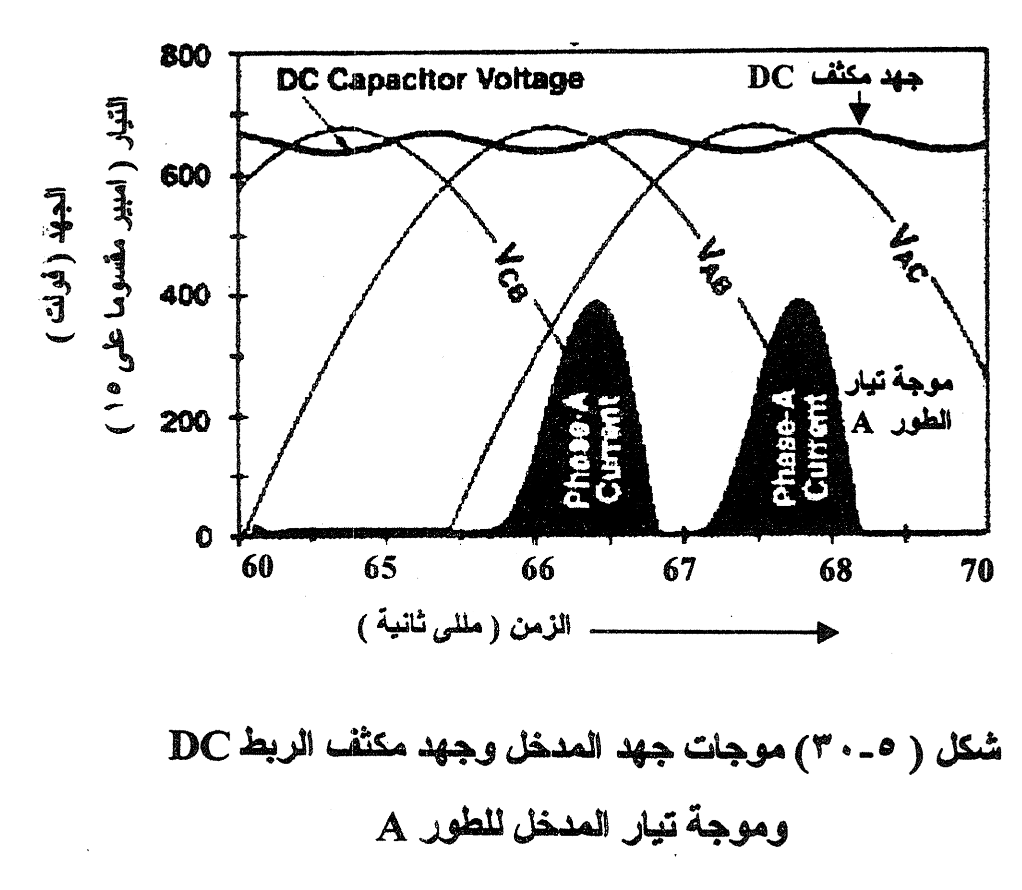
* خصائص ومتطلبات اجتياز الانحدارات.



شكل (٥-٢٨) مكونات مغير السرعة القابل للضبط



شكل (٥-٢٩) مكونات مغير السرعة القابل للضبط



شكل (٥-٣٠) موجات جهد المدخل وجهد مكثف الربط DC
وموجة تيار المدخل للطور A

* تعديل التركيب البنيوى لمديرات السرعة.

* كيفية اجتياز مديرات السرعة للانقطاعات اللحظية وانحدارات الجهد.

* نظم تخزين الطاقة المستخدمة لمديرات السرعة.

لقد أصبح شائعاً استخدام مديرات سرعة ذات خاصية اجتياز انحدار الجهد والانقطاعات اللحظية (ASD ride through) وذلك نتيجة الزيادة المستمرة للأحمال غير الخطية المغذاة من شبكات التوزيع، والتى أغلبها تكون حساسة لاضطرابات جودة التغذية الكهربائية.

تتحدد خصائص الاجتياز (ride through) على أساس نتائج مراجعات جودة التغذية وعلى تكنولوجيات العلاج المقترحة المتعددة. للتغلب على انحدارات الجهد (voltage sags) والانقطاعات اللحظية (momentary interruptions) فإنه من الضرورى تجهيز نظام تخزين الطاقة (energy storage system) لمدير السرعة.. يوجد ثلاثة نظم هم: الحدافة (١) (Flywheels)، بطاريات حمضية ذات شرائح معدنية رقيقة (Thin metal foil lead-acid batteries)، والمكثفات الفائقة بطبقة مزدوجة (Double - layer super capacitors).

١ - خصائص ومتطلبات إجتياز الانحدارات:

فى العشر سنوات الماضية، تم إجراء مراجعات كثيرة ومتعددة لجودة التغذية وذلك لوصف البيئة الكهربائية التى تعمل فيها المعدات الكهربائية والالكترونية. وكانت نتيجة المراجعات أنه يحتاج إلى مناعة المديرات من أغلب انحدارات الجهد الشائعة، أى السماح للانحدارات بقيمة حتى ٤٠٪ ولفترة زمنية ٦٠ دورة. إذا كان المطلوب المناعة أيضاً فإن الاجتياز يستمر على الأقل ثلاثة ثوانى عند ضياع كامل لجهد المدخل.

---

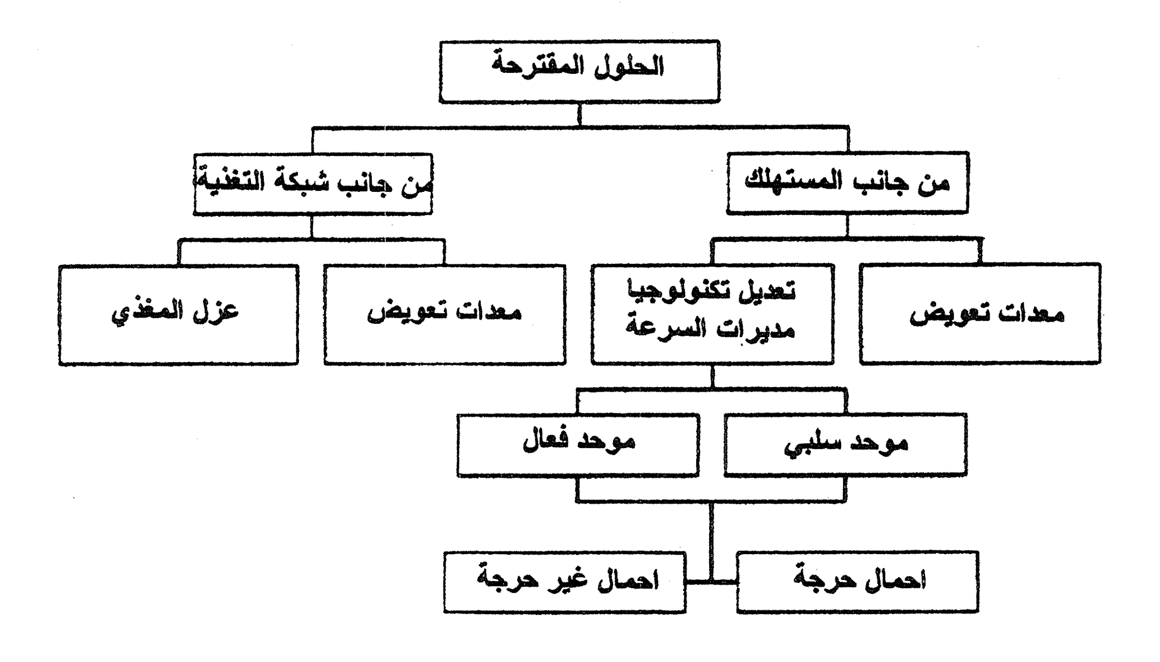
(١) الحدافة: فى الآلات والمعدات الدوارة، عجلة ثقيلة، يكون عزم القصور الذاتى لها كبيراً نسبياً نتيجة لتوزيع معظم مادتها فى محيطها، تعمل على انتظام سرعة الدوران بإعادة توزيع طاقة الحركة خلال لفة الدوران الواحدة.

فى تطبيقات مبدل جهد المصدر (voltage source inverter) ، يعتمد جهد وتيار المدخل المتاح على جهد التيار المستمر (d.c) للقضبان. عند أقصى جهد وتيار، يحدث هبوط لجهد المبدل مثل الهبوط الحادث على قضبان (d.c.) لايقبل الهبوط الواضح الناتج فى جهد قضبان (d.c) المبدل لتلقى الجهد والتيار المرغوبين لحمل الآلة، وعلى ذلك يحدث فقد فى التحكم فى السرعة أو العزم أو الاثنين. تركز طرق اختيار الانحدارات (ride - through) على حفظ جهد القضبان (d.c) فى الحدود المسموحة العادية. ومن الأهمية أيضاً الحفاظ على جهد كافى للتحكم فى الالكترونيات، والذى يمكن اختياره باستخدام مصدر تغذية له المقدرة على التشغيل تحت ظروف جهود الانحدارات. إن سحب قدرة التحكم فى الالكترونيات من قضبان d.c – بغرض تنظيم جهد قضبان d.c خلال حالات انحدار الجهد والانقطاعات – يمكن أيضاً أن تنتج فى حالة اجتياز الانحدارات.

١ - ١ اجتياز انحدارات الجهد Voltage sag ride - through:

يوضح شكل (٥ – ٣١) تصنيف حلول اجتياز الانحدارات. تفريق أو تصنيف بين تطبيقات الحلول من جهة مصدر التغذية ومن جهة المستهلك. تتأكد حلول مصدر التغذية من جودة جهد المدخل a.c إلى مديرات السرعة والأجهزة الأخرى خلال اضطرابات مصدر التغذية. لتجنب الظواهر من المشتركين الآخرين، يستخدم مغذى منفصل لتغذية النشاط المسبب للاضطراب.

يمكن استخدام مفتاح تحويل الحالة الصلبة (solid state transfer switch) لتوفير مصدر بديل سريع بين المغذيات. الاختيار الآخر بتركيب معدات تعويض (compensating equipment) تحتوى على معوض استاتيكى [static compensator (statcom)] أو مسترجع الجهد الديناميكى (Dynamic voltage restorer DVR) بشبكة التوزيع. من معدات التعويض المستخدمة من جهة المستهلك نظم التغذية بقدرة غير منقطعة (UPS) بدلاً من إضافة معدات إضافية لحماية مديرات السرعة ASD، فيمكن تعديل تصميم مديرات السرعة



شكل (٥-٣١) تصنيف الحلول المقترحة لاجتياز انحدار الجهد

ASD لتصبح أكثر اجتيازاً لاضطرابات مصدر التغذية. تحتوى مديرات السرعة ASD على موحد سلبى (passive (diode bridge) rectifer) أو موحد فعال (active (transistor) rectifier) ، ولكن الأكثر شيوعاً استخدام موحدات سالبة، لأن الموحدات الفعالة عالية التكلفة وأكثر تعقيداً. تستخدم الموحدات الفعالة عند الاحتياج لاستخدام مديرات السرعة رباعية التشغيل مزدوجة الاتجاه (bidirectional (four-quadrand) drive) أو عند تولد توافقيات من المديرات ويحتاج لحد قيمتها أو عند الاحتياج لهما معاً. للموحدات السالبة، يتناسب جهد قضبان d.c مباشرة مع جهد المصدر. عند هبوط جهد المصدر a.c خلال حالات الانقطاعات أو انحدارات الجهد، يظل جهد قضبان d.c الأساسى بفرض أن جهد قضبان d.c للمكثف وديودات الموحد تصبح انحياز عكسى (reverse biased). عندئذ تكون قدرة الحمل المسحوبة من مكثف قضبان d.c ، والتى تفرغ المكثف ويهبط جهد قضبان d.c. يستمر هذا الهبوط فى جهد قضبان d.c حتى تصبح ديودات الموحد انحياز أمامى (forward biased) ، ويكون للموحد المقدرة على تغذية حمل المبدل (inverter). سوف يظل جهد قضبان d.c عند هذا الجهد المنخفض والذى يمكن أن يكون صفراً فى حالة الانقطاعات اللحظية، وحتى يسترجع جهد المدخل a.c إلى قيمته الاسمية.

عند استخدام الموحدات الفعالة، ينظم جهد قضبان d.c بالتحكم فى تيار مدخل الموحد. وعند حدوث هبوط مفاجئ فى جهد المدخل خلال حالات الانقطاع اللحظى أو انحدارات الجهد، تصبح قدرة المدخل للموحد أقل من قدرة الحمل المطلوب بواسطة المبدل. يسحب المبدل قدرة من قضبان d.c المكثف، نتيجة الهبوط فى جهد قضبان d.c. يستمر الهبوط فى جهد قضبان d.c حتى ينظم جهد قضبان d.c والذى يزيد تيار مدخل الموحد حتى يغذى الموحد مرة ثانية كل قدرة الحمل إلى المبدل.

٢ - تعديل التركيب البنيوي للمديرات Drive Topology Modifications:

لمديرات السرعة المستخدمة موحدات فعالة وسلبية، يفرغ مكثف قضبان d.c عند سحب القدرة منه، والتى تسبب هبوط فى جهد القضبان d.c . تعرض

هذه الملاحظة بعدة طرق لتطويل زمن الاجتياز ride - through لمدير السرعة. أول الاختيارات هى زيادة جهد مكثف قضبان d.c ، على الرغم من التكلفة الباهظة لعدد المكثفات اللازمة لتجهيز المرور لعدة ثوانى. الاختيار الثانى بتقليل مقنن (derate) مديرات السرعة لتجهيز حدود الاستخدام عند حدوث حالات الانقطاعات وانحدارات الجهد. نحصل على تقليل مقنن المديرات باستخدام نفس مقنن المديرات عند جهد أو قدرة مخرج أو تردد مخرج أعلى من المحرك. عند استخدام جهد أعلى لمديرات السرعة، فإن جهد قضبان d.c يكون أعلى كثيراً من أقل جهد مطلوب للجهد والتيار المقنن اللازم لحمل المحرك. فى هذا التطبيق، يجهز المحرك بعزل كافى لتحمل جهد الذروة الأعلى المتعرض له. يمكن أيضاً التغلب على هبوط الجهد باستخدام مديرات سرعة لها مقنن قدرة أعلى من قدرة الحمل. نحصل على نفس النتيجة عند تشغيل مديرات السرعة عند تردد مخرج أقل من التردد المقنن له. لهذه الاقتراحات يمكن أن تكون الأحمال غير الحرجة مثل المضخات والمراوح مناسبة، ولكن خصائص الفوائد والتكلفة لهذه الطرق تحتاج إلى تقييم بعناية.

٢ - ١ : القصور الذاتي للحمل (Load inertia):

يمكن إدارة الأحمال الحرجة وغير الحرجة من خلال موحدات فعالة أو سلبية. تعرف الأحمال الحرجة (critical loads) بأنها الأحمال التى لاتسمح بأى نقص فى السرعة، بينما تعرف الأحمال غير الحرجة (noncritical loads) عملياً بأنه لايحدث لها فقد هام لأداءها نتيجة ضياع أو فقد السرعة مادامت السرعة العادية ستعود بعد زوال الاضطراب. غالباً تتواجد الأحمال الحرجة فى العمليات الصناعية المستمرة مثل صناعة الورق والغزل والنسيج. إذا كان ضياع السرعة محتمل، فإن المبدل يمكن أن يعمل عند تردد منخفض قليلاً عند تردد التزامن (synchronous) ، بتلك الوسيلة يختار عمل مولد يساعد جهد قضبان التيار المستمر (d.c). تستخدم طاقة لمساعدة جهد قضبان (d.c). والتى تمنع مديرات السرعة من الفصل وتمكنها من استمرار العمل بمجرد زوال حالة الانقطاع اللحظى أو انحدار الجهد. وعلى ذلك، إن لم يكن الحمل مدعم بهذه

التكنولوجيا، فيمكن أن يحدث ضياع للسرعة ويمكن الحد من اجتياز انحدار الجهد المستخدم مع الأحمال غير الحرجة. برغم ذلك، فإن هذه الطريقة تعتبر فعالة للحفاظ على مديرات السرعة من الفصل وكذلك فإنها متاحة في بعض المعدات التجارية. تعتمد فترة استمرار الانقطاع اللحظى أو انحدار الجهد لهذه الطريقة على الحمل، ولكن التطبيق يكون عموماً محدداً بمشاكل جودة التغذية للفترات الصغيرة جداً.

٢ - ٢: إضافة مغير تعزيز (Addition of a Boost Converter):

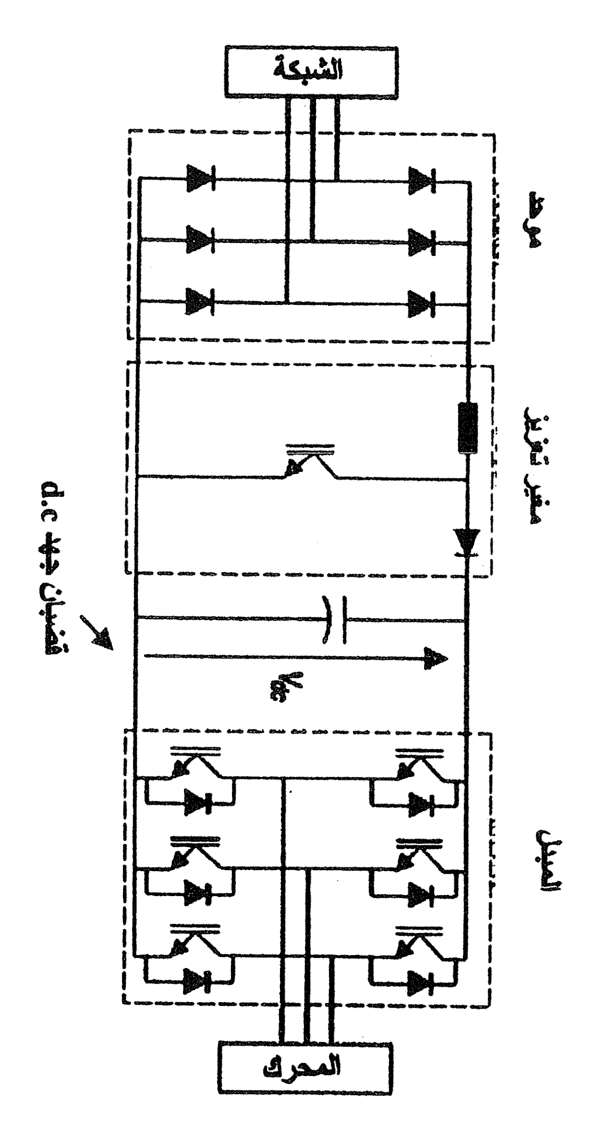
فى مديرات السرعة المحتوية على موحد سلبى، فإن جهد قضبان d.c يتناسب مع جهد المدخل. بإضافة مغير تعزيز بين الموحد والمبدل، كما فى شكل (٥ – ٣٢)، فيمكن للمبدل أن ينظم جهد قضبان d.c . لتغذية المبدل بالقدرة المطلوبة عند انخفاض جهد المدخل، فإن تيار المدخل للموحد يزيد. وينخفض مقنن (derated) الموحد ومغير التعزيز لمعالجة زيادة التيار. إذا كان مقنن المعدات يتحمل التشغيل المستمر عند زيادة التيار، فيمكن اجتياز انحدارات الجهد لأية فترة زمنية. ويمكن تأهيل أى مدير سرعة تقليدى باستخدام مغير تعزيز، كما فى شكل (٥ – ٣٣) يصبح الموحد، الذى يعتبر جزءاً من مكونات المدير التقليدى، إنحيازاً عكسياً. وينظم مغير التعزيز جهد قضبان d.c ، وتغذى قدرة الحمل للمبدل من خلال موحد التأهيل (retrofit rectifier) ومغير التعزيز.

من الطرق الأخرى لتعديل الموحد بأن يكون له عدد ٢ مخرج موجب ويستخدم مقاومة فرملة (brake resistor) لمدير السرعة فى مغير التعزيز. كما فى شكل (٥ – ٣٤).

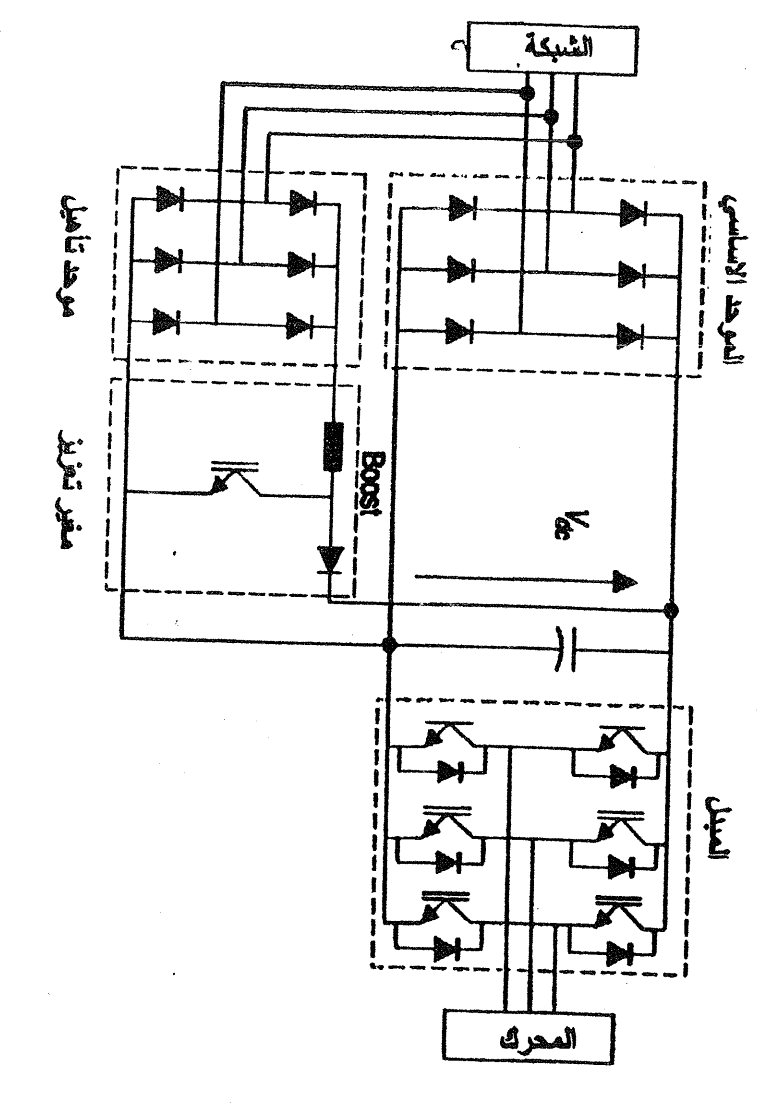
٢ - ٣: مديرات السرعة القابلة للضبط والموحد الفعال

ASD and an Active Rectifier

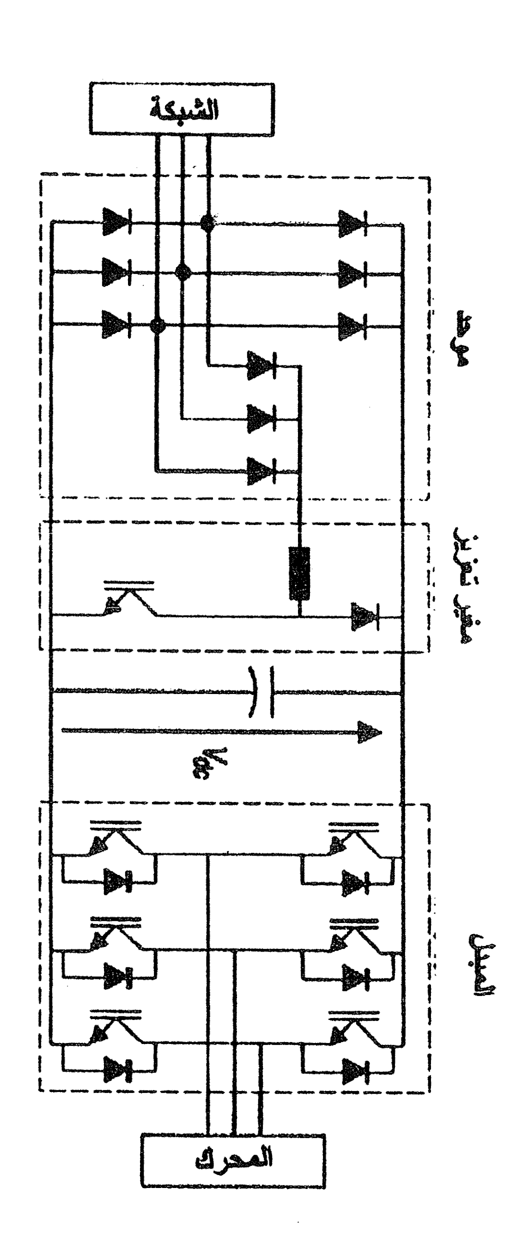
يتحقق العمل المركب لكل من مغير التعزيز والموحد السلبى مع الموحد الفعال والذى ينظم جهد قضبان d.c كمخرج. ويضيف هذا مميزات لتقليل التوافقيات الداخلة إلى نظام القدرة ولسريان القدرة المزدوج الاتجاه. كما فى



شكل (٥-٣٢) مدير السرعة المحتوي على مغير تعزيز



شكل (٥-٣٣) مغير سرعة تآهل باستخدام مغير تعزيز



شكل (٥-٤٣) مغير السرعة المحتوي على مقاومة فرملة

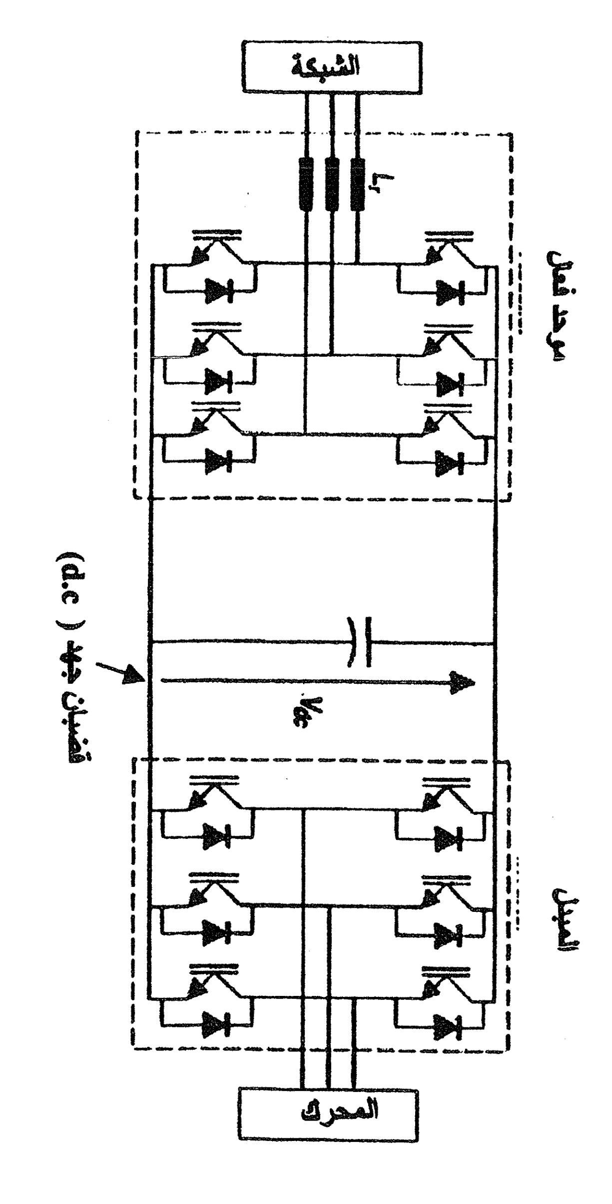
استخدام تركيبة من مغير التعزيز / الموحد السلبى، فإن تيار المدخل للموحد يزيد للتغذية بالقدرة المطلوبة للمبدل عند انخفاض جهد المدخل. يقل مقنن (derated) الموحد لمعالجة زيادة التيار لكى يجهز الموحد الفعال اجتياز لانحدارات الجهد حتى القيمة المحددة لمقنن تيار الموحد. يمكن تصميم مدير السرعة القابل للضبط المحتوى على موحد فعال لتجهيز اجتياز لقيمة محددة لانحدارات الجهد وذلك بتقليل مقنن الموحد بواسطة عامل ملائم (appropriate factor). ويمكن أن يتم المرور للانحدارات لأية فترة زمنية.

يلخص جدول (٥ – ٢) الطرق المختلفة لتجهيزات اجتياز انحدارات الجهد لمديرات السرعة القابلة للضبط. ويوضح شكل (٥ – ٣٥) مدير السرعة القابل للضبط المحتوى على موحد فعال.

جدول (٥ - ٢) الطرق المختلفة لتجهيزات اجتياز انحدارات الجهد للمديرات ASD

نوع الموحد	الحمل الحرج أو غير الحرج	الأحمال غير الحرجة فقط
فعال أو سلبى	* إضافة مكثفات على قضبان d.c * تخفيض مقنن ASD للحصول على حدود لاجتياز انحدارات الجهد	قصور ذاتى للحمل
سلبى فقط	إضافة مغير تعزيز على قضبان d.c	
فعال فقط	تخفيض مقنن الموحد	

يكون لمديرات السرعة (ASD)، المحتوية على موحدات فعالة أو المحتوية على موحدات سالبة ومغير تعزيز، المقدرة على اجتياز انحدارات الجهد ذات فترات زمنية غير محددة، بفرض أن الأجهزة لها مقنن مناسب. وعلى ذلك



شكل (٥-٣٥) مغير السرعة القابل للضبط المحتوي على موحد فعال

فإن قيم الانحدارات المجهزة للاجتياز يمكن أن تحد بواسطة مقنن تيار معدات مغير التعزيز أو الموحدات أو الاثنين معاً. تحد نسبة جهد قضبان d.c إلى جهد المدخل لكل من الموحد الفعال ومغير التعزيز، ويجهز حد قيم الانحدارات الذى يمر بالمديرات بهذه الخطوات. لانحدارات الجهد المارة ذى قيم أكبر من المحدد فإنه يلزم إضافة نظام تخزين للطاقة (energy storage system) لمديرات السرعة.

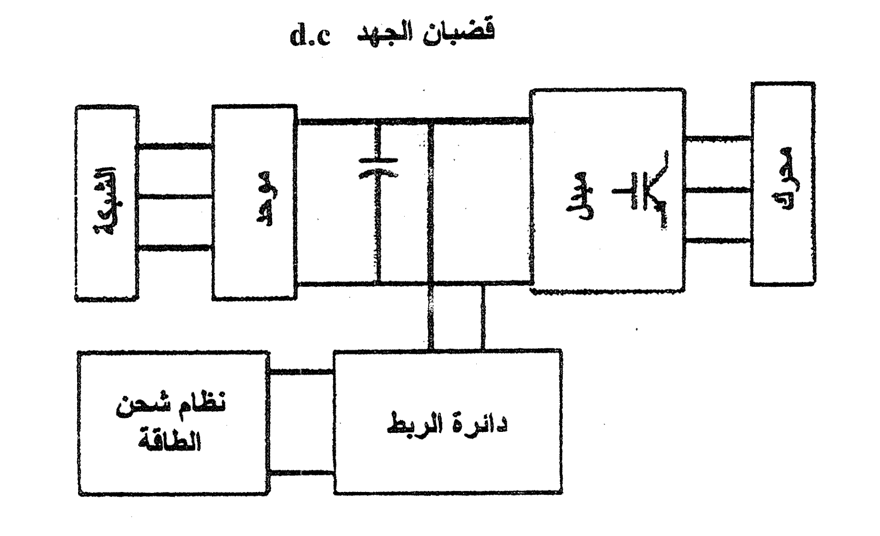
٣ - اجتياز الانقطاعات اللحظية وانحدار الجهد

Voltage sag and momentary interruption ride - through

يلزم إضافة نظم تخزين الطاقة لمديرات السرعة (ASD) للتغلب على انحدارات الجهد الشديدة والانقطاعات اللحظية. تبعاً لمراجعات خصائص جودة التغذية، فإنه يلزم اجتياز الانقطاعات اللحظية المستمرة لفترة ثلاثة ثوانى. يمكن إضافة نظام تخزين الطاقة لأى قيم يحتاج لاجتيازها وتعرضنا لها فى البنود السابقة.

٣ - ١ : موحد سلبي (Passive rectifier):

يوضح شكل (٥ – ٣٦) إضافة نظام تخزين الطاقة لمدير سرعة ASD تقليدى يحتوى على موحدات فعالة أو سالبة. ويجب توصيل نظام تخزين الطاقة من خلال دائرة مشترك ملائمة مثل مغير ac / dc أو dc / dc لتجهيز جهد مخرج d.c . يستخدم هذا أيضاً لمديرات السرعة ASD المجهزة بالمقدرة على الإجتياز عن طريق تركيب مكثفات إضافية على قضبان d.c لتشغيل المديرات، عند الحمل المنخفض أو السرعة المنخفضة، أو عند استخدام ASD له مقنن جهد أعلى من جهد المحرك. باستخدام نظام تخزين الطاقة لتنظيم جهد قضبان d.c ، تصبح ديودات الموحد السلبى حياز عكسى، والتى تعنى أنه لايمكن سحب قدرة من الشبكة. عند التوصيل على قضبان الجهد d.c لمدير السرعة ASD المحتوى على موحد سلبى، فإن نظم تخزين الطاقة يجب أن تغذى المبدل بقدرة الحمل الكامل خلال الاضطرابات.



شكل (٥-٣٦) اضافة نظام تخزين الطاقة لمديرات السرعة ASD التقليدية المحتوية على موحدات من النوع الفعال او السلبي

٣ - ٢ موحد فعال Active rectifier :

بنفس الطريقة المذكورة فى شكل (٥ – ٣٦) فإنه يمكن توصيل نظم تخزين الطاقة لمديرات السرعة ASD المحتوية على موحد فعال. لأحمال القدرة الثابتة، فإن نظم تخزين الطاقة يكون لها فقط قدرة تغذية والتى لاتتغذى بواسطة الموحد عند حالات اضطرابات مصدر التغذية. تعتبر هذه فائدة تميز هذه الطريقة عن طريقة استخدام مدير السرعة المحتوى على موحد سلبى. يجب أن يغذى نظام تخزين الطاقة كل قدرات الحمل بمجرد حدوث هبوط لجهد قضبان d.c بقيمة أقل من أدنى قيمة محددة.

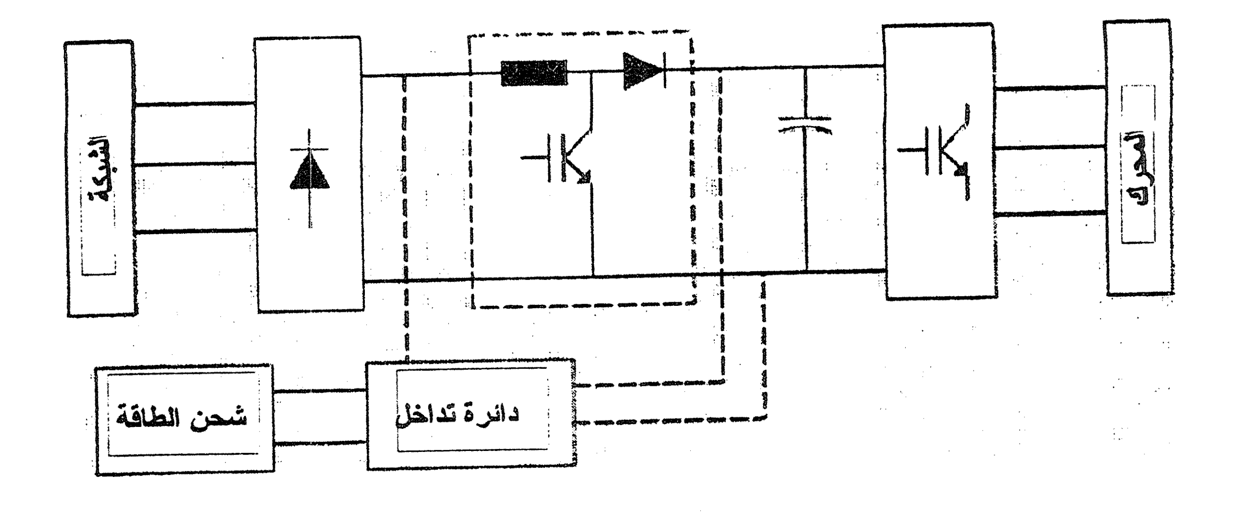
٣ - ٣ موحد سلبي مع مغير تعزيز

Passive rectifier with a boost converter

يوضح شكل (٥ – ٣٧) استخدام نظم تخزين الطاقة الموصلة مع مدير السرعة ASD المحتوى على موحد سلبى ومغير تعزيز ويمكن توصيل نظم تخزين الطاقة على مدخل أو مخرج مغير التعزيز. إذا وصل نظام تخزين الطاقة من النوع d.c (d.c type energy storage system) لمدخل مغير التعزيز، فإنه يمكن استخدام موحد التعزيز (boost rectifier) لدائرة مشترك (interface circuit). إذا كان جهد مخرج نظام تخزين الطاقة أكبر من جهد الشبكة الموحد، فإن الموحد يصبح إنحياز عكسى ويمكن لنظام تخزين الطاقة أن تغذى جميع قدرات الحمل. إذا وصلت نظم تخزين الطاقة على مخرج مغير التعزيز، فإن دائرة المشترك (والتى تحتوى على مغير تعزيز آخر) دائماً ما تحتاج إلى تجهيزات لتنظيم جهد المخرج.

٤ - تخزين الطاقة Energy storage:

نتيجة طبيعة التطبيقات، فإن نظم تخزين الطاقة لها بعض المتطلبات الهامة. أهم المتطلبات أن تكون النسبة بين القدرة إلى الطاقة عالية (Power to energy ratio). مثلاً، إذا كان المطلوب إجتياز انقطاع لحظى لمدة ثلاثة ثوانى لحمل ٢٥٠ ك. وات فإن نظام تخزين الطاقة يجب أن يولد ٢٥٠ ك. وات ، ٧٥٠ ك . جول وتكون النتيجة له نسبة ٠,٣٣ وات / جول.



شكل (٥-٣٧) نظم تخزين الطاقة الموصل مع مدير السرعة المحتوي على موحد سلبي ومغير تعزيز

لكثير من التكنولوجيات المتعددة لنظم تخزين الطاقة المتقدمة أن يكون لها كثافة طاقة أعلى دائماً (higher energy densities) ، لتقاوم كثافة القدرة اللازمة لهذا التطبيق. من المتطلبات الأخرى لنظم تخزين الطاقة لمديرات السرعة ASD لاجتياز الاضطرابات الآتى:

* تكلفة فعالة Cost - effective
* قدرة محددة عالية High specific power
* كثافة قدرة عالية High power density
* كفاءة عالية خلال التفريغ والعمل الاحتياطى
* استجابة سريعة
* صيانة بسيطة
* موثوقية

توجد ثلاثة أنواع من تكنولوجيات تخزين الطاقة هى : الحدافة (flywheel) ، بطاريات حمضية (شرايح رصاص رفيعة) ومكثفات فائقة. والتى تستخدم لتطبيقات مديرات السرعة ASD ذات خاصية اجتياز الانحدارات.

تعتبر نظم تخزين الطاقة باستخدام الحدافات أكثر شيوعاً تجارياً لتنظيم جهد المخرج d.c بينما النظم المعتمدة على المكثفات الفائقة بدأت فى الشيوع تجارياً. بينما النوع الأخير والخاص بنظم البطاريات الحمضية فإنه غير متاح.

٤ - ١ الحدافات Flywheels:

تستخدم نظم الحدافة لتنظيم جهد المخرج d.c وهى متاحة للاستخدام سواء الحدافة الصلب منخفضة السرعة أو الحدافة عالية السرعة بمواد مركبة، وتوجد بقدرات متعددة حتى عدة مئات من الكيلووات ولها المقدرة على الاجتياز حتى ١٥ ثانية عند قدرة المخرج المقنن، والتى يكون لها زمن كافى لبداية تشغيل

محرك / مولد عند حدوث انقطاع كامل للتغذية. يعرض نظام الحدافة عالية السرعة كثافة قدرة عالية جداً (تقاس بوحدة ك. وات / متر مكعب) وقدرة نوعية (تقاس وات / كجم)، بينما يكون لنظام الحدافة منخفضة السرعة قدرة نوعية منخفضة مقارنة بالنظم الأخرى. من الأهمية ملاحظة أن القدرة النوعية وكثافة القدرة تقارن لتكملة النظام، بما فيها الدائرة المشتركة (interface circuit)، وليس فقط عناصر تخزين الطاقة. لتكنولوجيا الحدافتين عمر تشغيل أطول، ولكنها تحتاج لبعض الصيانة، بما فيها تغير الفرش. توجد بعض ملاحظات الأمان حول استخدام الحدافة لنظم التخزين.

٤ - ٢ بطاريات حمضية ذات شرائح معدنية رقيقة

(Thin metal foil lead - acid batteries)

تستخدم البطاريات نمطياً في التغذية بقدرة غير متقطعة [١] (uninterruptible power supply)(UPS)، ويشمل السوق العالمي على ثلثية بطاريات رصاص حمضي[٢] (lead - acid batteries). تعتبر البطاريات الحمضية ذات الشرائح المعدنية الرقيقة من الإنتاج الحديث والتي تقدم كثافة قدرة (power density) ومنحنى جهد عند معدل تفريغ عالي، ويكون أقصى فترة للتفريغ ١٥ ثانية عند أقصى قدرة مخرج، وهو زمن كافي لبداية تشغيل مجموعة مولد – محرك. يمتاز هذا النظام بقدرة نوعية عالية (specific power) وكثافة قدرة عالية (power density) ولكن للبطاريات عمر تشغيل محدد ويجب تغيرها كل عدة سنوات.

---

(١) تغذية بقدرة غير متقطعة: نظام يكفل التغذية بالقدرة على نحو مستمر (متصل) مع الوقاية من قصور طاقة المصدر الرئيسي للتيار المتردد فضلاً عن التغيرات في تردد خط التغذية وجهده.

(٢) بطارية رصاص حمضي: بطارية خزن سائلها الالكتروليتي حمض كبريتيك مخفف، مغمور به الكترودان أحدهما موجب مطلي بعجينة من ثاني أكسيد الرصاص والآخر سالب على شكل شبكة تملأ بالرصاص الأسفنجي.

٤ - ٣ المكثفات الفائقة Super capacitors:

لهذه النظم أقصى فترة تفريغ ٥ ثوانى عند قدرة مقنن المخرج، والتى تمتاز بخاصية إجتياز كبير للانقطاعات اللحظية وانحدارات الجهد. وللنظام كثافة قدرة منخفضة مقارنة بالنظم الأخرى، ولكنه يمتاز بعمر تشغيل طويل وأقل صيانة ممكنة.

يوضح جدول (٥ – ٣) ملخص لنظم تخزين الطاقة بغرض اجتياز انحدارات الجهد لمديرات السرعة ASD .

جدول (٥ - ٣) مقارنة بين نظم تخزين الطاقة لمديرات السرعة القابلة للضبط والتي تجتاز انحدارات الجهد

جودة النظام	حدافة منخفضة السرعة	حدافة عالية السرعة	بطاريات حمضية ذات شرائح معدنية رقيقة	المكثفات الفائقة
الاتاحية	تجارياً	نموذج أصلى / تجارياً	تحت الدراسة	نموذج أصلى / تجارياً
التكلفة (مقارنة دولار/ك.و)	منخفض، وسوف تنخفض	عالية، وسوف تنخفض بسرعة	منخفضة، وسوف تنخفض	عالية وسوف تنخفض بسرعة
مستوى القدرة / وحدة فترة التفريغ	حدود النظم من ١٦٠ ك.و / ١٥ ثانية إلى ٨٠٠ ك. و / ٥ ثوانى	حدود النظم من ٥٠ ك. و / ٢٠ ثانيـة إلى ٢٠٠ ك. و / ٧,٥ ثانية	نماذج ١٠٠ ك. و والتى يمكن توصيلها على التوازى من ٥ إلى ١٥ ثانية	نماذج ١٠٠ ك. و والتى يمكن توصـيلهـا علـى التـوازى ٥ ثوانى
المميزات	* عمر تشغيل طويل * تكلفة منخفضة	* كثافة قدرة عالية جداً * قدرة نوعية عالية * عمر تشغيل عالى	* تكلفة منخفضة * كثافة قدرة عالية * قدرة نوعية عالية	* عمر تشغيل عالى * صيانة بسيطة
الاهتمامات	* قدرة نوعية منخفضة * الأمان * الصيانة	* تكلفة عالية * الأمان * الصيانة	* عمر تشغيل محدد * تكلفة الملكية * الصيانة	* تكلفة عالية * كثافة قدرة منخفضة

الباب السادس
انتفاخات الجهد
Voltage Swells

مقدمة:

طبقاً للمواصفات القياسية العالمية (IEEE 1100 - 1992) فإن إنتفاخ الجهد هو زيادة جذر متوسط مربعات الجهد المتردد، عند تردد المصدر، لفترة من نصف دورة وحتى عدد قليل من الثوانى. وقد حددت بعض المواصفات هذه الزيادة من ١٠ ٪ إلى ٨٠٪ من الجهد المقنن. من التعبيرات الأخرى لانتفاخ الجهد تعبير زيادة الجهد اللحظى (momentary overvoltage). بينما يعتبر استخدام تعبير الجهد العارم (surge voltage) للدلالة على انتفاخ الجهد هو استخدام غير صحيح. لأن الجهد العارم يستخدم بكثرة للتعبير عن الأحداث لفترة أقصر والتى تستلزم جهود عالية لحظية، مثل الجهود الناتجة عن الصواعق (lightning).

يوضح جدول (٦ – ١) تأثير زيادة الجهد بنسبة أعلى من ١٠٪ على المعدات الكهربائية المختلفة.

جدول (٦-١)

تلخيص تأثير زيادة الجهد (+١٠٪) علي المعدات الكهربائية

المعدة الكهربائية	التأثير
المعدات الألكترونية	إنهيار المكثفات والمقاومات والموحدات ونظم التحكم
التسخين بالمقاومة	تعطل عناصر السخان نتيجة زيادة الأكسدة
نظم الإضاءة	ينخفض عمر تشغيل اللمبات المتوهجة بنسبة ٧٠٪ وتزيد سخونة كابحات التيار
المعدات المغناطيسية	يزيد احتكاك وتشوه سطح الملف. ويقل عمر التشغيل
المحركات	زيادة العزم تؤدى إلى زيادة اجهادات عمود الإدارة، والتروس والربط الميكانيكى. زيادة تيار البداية بنسبة ١٢ ٪ تسبب انخفاض معامل القدرة

تعريفات إنتفاخات الجهد

Voltage Swells

(1) Voltage Swell : a RMS increase in the AC voltage, at the power frequency, for duration from a half a cycle to a few seconds. (ANSI std. IEEE 1100 - 1992)

إنتفاخ الجهد هو زيادة جذر متوسط مربعات الجهد المتردد، عند تردد المصدر، لفترة من نصف دورة وحتى عدد قليل من الثوانى (طبقاً للمواصفات القياسية الأمريكية (IEEE 1100 - 1992).

---

(2) Voltage swell : voltage can rise above normal level for several cycles to seconds.

انتفاخ الجهد هو ارتفاع الجهد أكثر من المستوى العادى لمدة تتراوح من عدة دورات وحتى عدة ثواني.

---

(3) Voltage swell : an increase to between 1.1 pu and 1.8 p.u in RMS voltage at the power frequency for durations from 0.5 cycle to one minute.

انتفاخ الجهد هو زيادة جذر متوسط مربعات الجهد عند تردد القدرة بين ١,١ وحدة كسرية و ١,٨ وحدة كسرية لمدة من ٠,٥ دورة وحتى دقيقة واحدة.

---

(4) Power surges, voltage above 110% of rated RMS voltage for one or, more cycles, from heavy electrical equipment's being turned off.

القدرة العارمة هى الجهد الأعلى من ١١٠٪ من جذر متوسط مربعات الجهد المقنن لمدة دورة أو أكثر والناتجة عند توقف تشغيل المعدات الكهربائية الكبيرة.

المصادر المسببة لانتفاخات الجهد:

تحدث انتفاخات الجهد من الحوادث داخل أو خارج المنشأة المستهلكة للكهرباء. وتعتبر انتفاخات الجهد من أقل المشاكل تكراراً بالشبكات الكهربائية حيث أنها تمثل فقط نسبة من ٢٪ إلى ٣٪ من جميع مشاكل التغذية الكهربائية الحادثة فى الدراسات الصناعية.

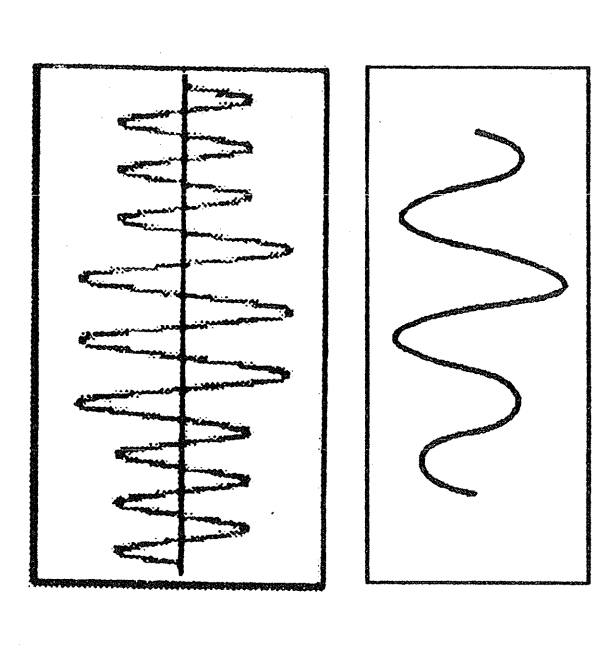
يوضح شكل (٦ – ١) موجة جهد متردد تحتوى على انتفاخ فى الجهد.

من أسباب انتفاخ الجهد:

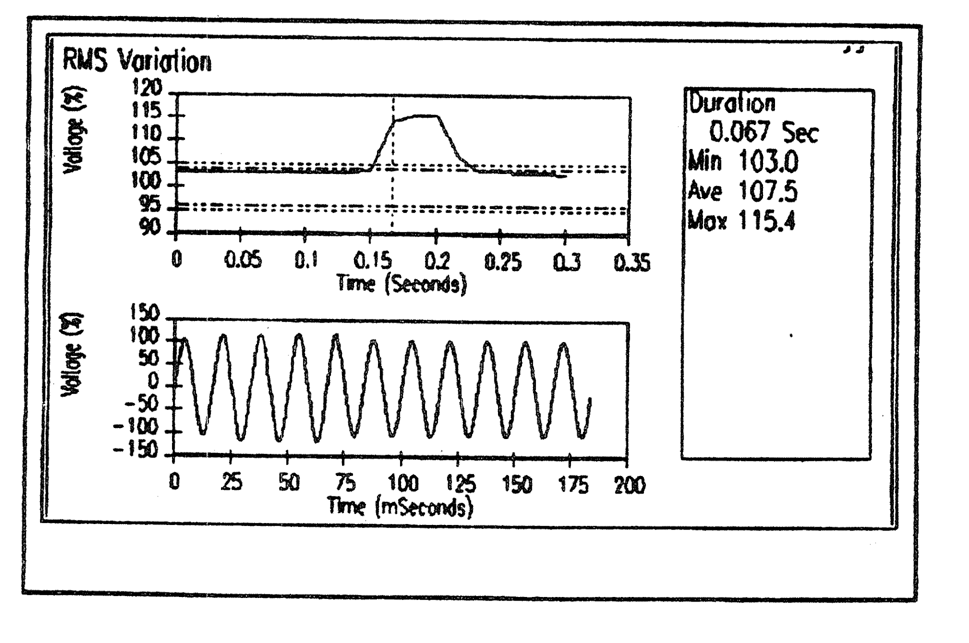
* عند حدوث فتح فى أحد الموصلات (single phasing) (أى فقد أحد أطوار الموصلات الثلاثة للطاقة المحمولة) يتعرض الموصلان الآخران المحملان بالطاقة لعدم الإتزان وينتج عن ذلك ارتفاع فى الجهد.
* الهبوط المفاجئ فى أحمال الخطوط نتيجة فصل أحمال عالية داخل منشأة ما.
* عند إعادة توصيل التغذية الكهربائية.
* فتح فى مسار التعادل (neutrals).
* الرباطات غير الجيدة (loose wiring).
* عند تشغيل لوحة مكثفات تحسين معامل القدرة ذات سعة كبيرة.
* عند حدوث قصر بين الخط والأرضى (single line - to - ground fault) يتعرض الطوران الآخران لزيادة فى الجهد لحظية أى حدوث انتفاخ فى الجهد.

يوضح شكل (٦ – ٢) حالة انتفاخ لحظى للجهد الناتج عند حدوث قصر بين أحد الأطوار والأرضى.

تعتمد شدة انتفاخ الجهد خلال العطل على موضع العطل ومعاوقة النظام



شكل (٦-١) موجة جهد متردد تحتوي على انتفاخ في الجهد



شكل (٦-٢) حالة انتفاخ لحظي للجهد الناتج عند حدوث قصر بين احد الاطوار والارضى

والأرضى. ففى النظم غير المؤرضة (ungrounded system) ، والتى لها معاوقة تتابعية صفرية (zero-sequence impedance) غير محددة، عند حدوث قصر بين أحد الأطوار والأرضى يرتفع الجهد بين الخط والأرضى للأطوار غير العاطلة إلى ١,٧٣ وحدة كسرية (per unit).

فى النظم المؤرضة (grounded system) وبالقرب من محطات المحولات، فإن حدوث ارتفاع فى الجهد يكون قليل جداً أو ربما لايحدث على الأطوار غير العاطلة (unfaulted phases) لأن التوصيلة الاتجاهية (vector group) للمحولات تكون نجمة / دلتا (delta / star) هذه التوصيلة تجهز مسار لمرور تيارات القصر من خلال معاوقة التتابعية الصفرية الصغيرة. حدوث الأعطال عند مواضع مختلفة للدوائر رباعية الأسلاك (4 - wire) ، تعرض المغذيات المؤرضة، عند مواضع متعددة، لدرجات مختلفة من انتفاخات الجهد على الأطوار غير العاطلة.

علامات أو مؤشرات لحدوث انتفاخ الجهد:

١ - المعدات الالكترونية (الحاسبات الشخصية ...)

(Electronic Equipment)

تحتاج الأجهزة الالكترونية لبيئة كهربائية متحكم فيها أكثر من أغلب الأحمال الأخرى. ويكون هذا حقيقياً بصفة خاصة إذا تحدثنا عن جهد المدخل. مثلاً إذا تغير جهد المصدر عن قيم مواصفات الأجهزة عندئذ يمكن حدوث مشاكل بالأجهزة.

من المعروف أن انتفاخ الجهد ليس ببساطة تغير فى قيمة جذر متوسط مربعات الجهد ولكنه تغير الجهد لفترة محددة. هذا الزمن هام جداً لتحديد الجهد المقبول.

الفكرة الأساسية للأعراض أو العلامات الراجعة لوجود انتفاخ الجهد هى

كمية الطاقة المحولة إلى مصدر تغذية المعدات الالكترونية. إذا كانت هذه الطاقة كبيرة جداً ، والداخلة إلى مصدر التغذية، نتيجة حدوث انتفاخ الجهد، فستؤدى إلى إنهيار المعدات الالكترونية. النتيجة الأكثر شيوعاً عند حدوث انتفاخات عالية القيمة أن تحترق مصادر التغذية للمعدات. ومن المعروف أنه إذا حدث إنهيار لمصدر التغذية فإن كل الجهاز يتعطل.

٢ - المحركات (Motors):

للمحركات سماحية كبيرة لانتفاخات الجهد. ونموذجياً يكون للمحركات استجابة صغيرة للتغير فى الجهد. إذا كانت المحركات يتحكم فيها من خلال متحكمات الإدارة الالكترونية (electronic drive controller) فإن هذه الحالة تمثل الحالة فى البند الأول.

إذا كانت القيمة شديدة التغير، أو كانت تحدث بصورة متكررة، مثلاً عند حدوث انتفاخ شديد يؤدى هذا إلى إجهاد كهربى (electrically stress) لملفات العضو الثابت (stator) . ويؤدى هذا بالتالى إلى حدوث إنهيار بالمحرك.

٣ - الإضاءة Lighting:

تتحمل أغلب أنظمة الإضاءة التعرض لانتفاخات الجهد. ولكن فى نظم الإضاءة المتوهجة يمكن حدوث أعطال بمخفض الإضاءة (dimmer) . كذلك يمكن أن يتأثر العمر الكلى لتشغيل نظم الإضاءة، ويصبح مزعجاً أن تتغير الإضاءة، ويعرف هذا التغير فى الإضاءة بظاهرة الارتعاش (Flicker) . تتحمل كابحات التيار العادية أكثر من كابحات التيار الالكترونية (electronic ballasts). ولكن يمكن أن تتعرض جميع الكابحات إلى ظاهرة الارتعاش.

إذا تعرضت اللمبات الفلورسنت لانتفاخات شديدة، ستحدث إجهادات لكابح التيار مسبباً إنهياره.

من أنواع اللمبات الأخرى ذات الحساسية العالية عند التعرض للانتفاخات، لمبات نظم التفريغ عالى الشدة (HID) High Intensity Discharge [مثل

لمبات بخار الزئبق، لمبات الهاليد المعدنى (metal halide) ، ولمبات الصوديوم عالى ومنخفض الضغط) . وتكون اللمبات أكثر حساسية لانتفاخات الجهد عن كابحات التيار.

٤ - معدات التوزيع Distribution Equipment:

يكون تأثير انتفاخات الجهد على معدات التوزيع بسيطة جداً. إذا حدثت انتفاخات متكررة فإنها تؤدى إلى إجهادات بالمكونات ثم إنهيارها فيما عدا ذلك فنادراً ما تسبب انتفاخات الجهد مشاكل أو إنهيار بالمعدات.

الباب السابع
ارتعاش وتقلب الجهد
Voltage Flicker and Fluctuation

تعريفات :

ارتعاش الجهد (Voltage Flicker) :

(1) Flicker : Impression of unsteadiness of visual sensation induced by a light stimulus whose luminance or spectral distribution fluctuates with time (IEC 1000 - 3-3 1994).

الارتعاش هو الانطباع غير المستقر للحس المرئى الناتج من الإضاءة المثيرة التى لها توزيع طبقى أو إضائى متقلب مع الزمن.

---

(2) Flicker can be defined as small amplitude changes in voltage levels occurring at frequencies less than 25 Hz. Flicker is caused by large, rapidly fluctuating loads such as arc furneces and electric welders. Flicker is rarely harmful to electronic equipment, but is more of a nuisance because it causes annoying, noticeable changes in lighting levels.

يعرف الارتعاش بأنه تغيرات القيم الصغيرة فى مستوى الجهد الحادث عند ترددات أقل من ٢٥ هرتز. يحدث الارتعاش من الأحمال المتقلبة السريعة العالية مثل أفران القوس وماكينات اللحام بالكهرباء. نادراً ما يؤذى الارتعاش المعدات الالكترونية، ولكنه يكون أكثر إزعاجاً لأنه يسبب مضايقة وتغيراً ملحوظاً فى مستويات الإضاءة.

---

(3) Flicker is an undesirable result of the Voltage fluctuation in some loads.

الارتعاش هو النتيجة غير المرغوبة لتقلب الجهد نتيجة بعض الأحمال.

- -

(4) The flicker is a disturbance which affects only to lighting, and accordingly its effect is only relevent in low voltage systems.

الارتعاش هو الاضطراب الذى يؤثر فقط فى نظم الإضاءة، وبالتالى تأثيره يرتبط فقط بنظم شبكات الجهد المنخفض.

- -

(5) The flicker is a disturbance lighting induced by voltage fluctuation, very small variations are enough to induce lighting disturbances for the human eye.

الارتعاش هو الاضطراب فى الإضاءة ويحدث نتيجة تقلب الجهد، تكفى التغييرات الصغيرة جداً لحدوث اضطراب فى الإضاءة لعين الإنسان.

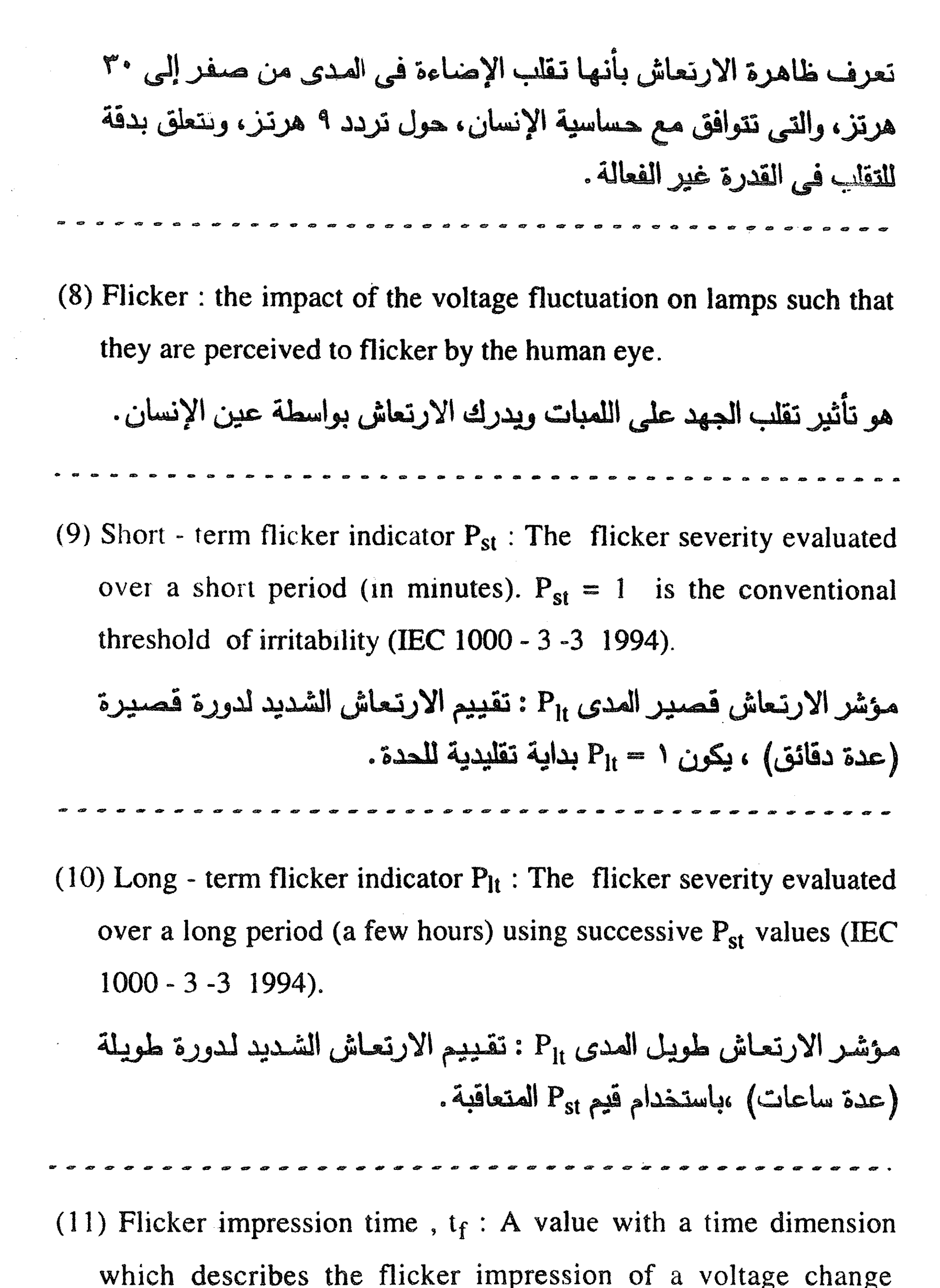
- -

(6) The term flicker, as known, means the subjective impression of fluctuating luminance, which is caused by amplitude modulation of supply voltage.

من المعروف أن تعبير الارتعاش يعنى التأثير الفعلى لتقلب الإضاءة، والتى تحدث نتيجة تغيير قيمة جهد مصدر التغذية.

- -

(7) The flicker phenomenon, that is to say the lighting fluctuation in the 0 - 30 Hz band, which corresponds to the human sensitivity, with a maximal arround 9 Hz, is closely related to the reactive power fluctuations.



تعرف ظاهرة الارتعاش بأنها تقلب الإضاءة فى المدى من صفر إلى ٣٠ هرتز، والتى تتوافق مع حساسية الإنسان، حول تردد ٩ هرتز، وتتعلق بدقة للتقلب فى القدرة غير الفعالة.

---

(8) Flicker : the impact of the voltage fluctuation on lamps such that they are perceived to flicker by the human eye.

هو تأثير تقلب الجهد على اللمبات ويدرك الارتعاش بواسطة عين الإنسان.

---

(9) Short - term flicker indicator P_{st} : The flicker severity evaluated over a short period (in minutes). $P_{st} = 1$ is the conventional threshold of irritability (IEC 1000 - 3 -3 1994).

مؤشر الارتعاش قصير المدى P_{lt} : تقييم الارتعاش الشديد لدورة قصيرة (عدة دقائق) ، يكون ١ = P_{lt} بداية تقليدية للحدة.

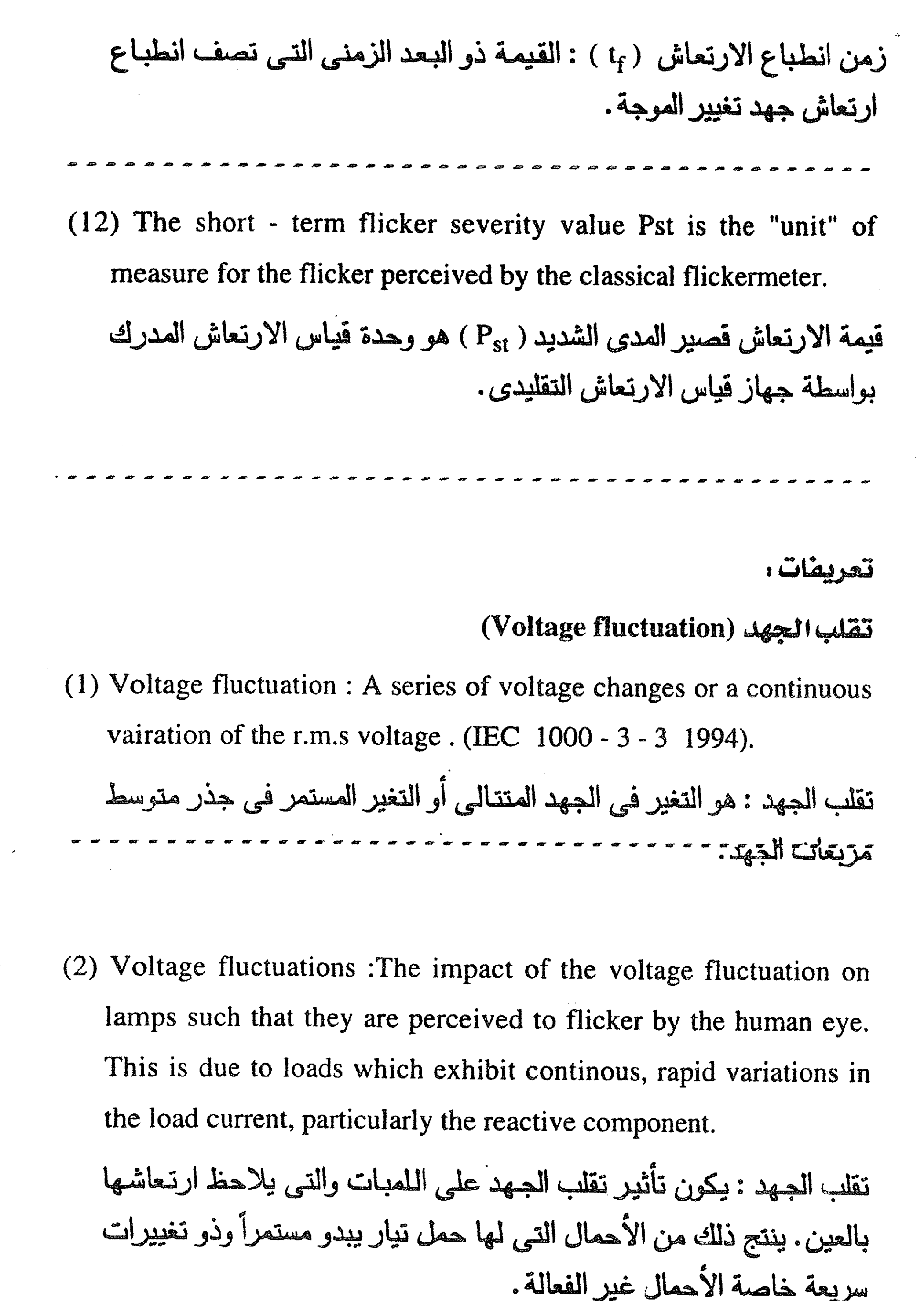
---

(10) Long - term flicker indicator P_{lt} : The flicker severity evaluated over a long period (a few hours) using successive P_{st} values (IEC 1000 - 3 -3 1994).

مؤشر الارتعاش طويل المدى P_{lt} : تقييم الارتعاش الشديد لدورة طويلة (عدة ساعات) ،باستخدام قيم P_{st} المتعاقبة.

---

(11) Flicker impression time , t_f : A value with a time dimension which describes the flicker impression of a voltage change waveform (IEC 1000 - 3 - 3 1994).



زمن انطباع الارتعاش (t_f) : القيمة ذو البعد الزمنى التى تصف انطباع ارتعاش جهد تغيير الموجة.

---

(12) The short - term flicker severity value Pst is the "unit" of measure for the flicker perceived by the classical flickermeter.

قيمة الارتعاش قصير المدى الشديد (P_{st}) هو وحدة قياس الارتعاش المدرك بواسطة جهاز قياس الارتعاش التقليدى.

تعريفات :

تقلب الجهد (Voltage fluctuation)

(1) Voltage fluctuation : A series of voltage changes or a continuous vairation of the r.m.s voltage . (IEC 1000 - 3 - 3 1994).

تقلب الجهد : هو التغير فى الجهد المتتالى أو التغير المستمر فى جذر متوسط مربعات الجهد.

---

(2) Voltage fluctuations :The impact of the voltage fluctuation on lamps such that they are perceived to flicker by the human eye. This is due to loads which exhibit continous, rapid variations in the load current, particularly the reactive component.

تقلب الجهد : يكون تأثير تقلب الجهد على اللمبات والتى يلاحظ ارتعاشها بالعين. ينتج ذلك من الأحمال التى لها حمل تيار يبدو مستمراً وذو تغييرات سريعة خاصة الأحمال غير الفعالة.

---

(3) Voltage Fluctuations are systematic variations of the voltage envelope or a seires of random voltage changes, the amplitude of which does not normally exceed the voltage ranges of 0.9 pu to 1.1 pu (ANSI C84.1).

تقلبات الجهد هى التغيرات المتماثلة لغلاف الجهد أو التوالى فى تغيرات الجهد العشوائى، ولا تزيد قيمتها عادة عن حدود الجهد من ٠,٩ وحدة كسرية إلى ١,١ وحدة كسرية.

- -

(4) Voltage fluctuations, which are characterized as a series of random or continous voltage fluctuations (IEEE 555 - 3).

تقلبات الجهد التى تتصف بتوالى تقلبات الجهد المستمر أو العشوائى.

- -

(5) Voltage fluctuation is an electromagnetic phenomenon.

تقلب الجهد هو ظاهرة كهرومغناطيسية.

- -

(6) Voltage fluctuation : A series of voltage changes or a cyclical variation of the voltage envelope.

تقلب الجهد هو تغير الجهد المتتالى أو التغير الدورى لغلاف الجهد.

- -

مصادر ارتعاش الجهد:

ينتج تقلب الجهد من المعدات ذات خصائص الحمل المتغير. من هذه المعدات أفران القوس الكهربى وبداية تشغيل المحركات، المنشار الكهربى وماكينات اللحام.

تعتبر أفران القوس الكهربى من أكثر المعدات المسببة لتقلبات الجهد بشبكات النقل والتوزيع. يوضح شكل (٧ – ١) تقلب الجهد نتيجة تشغيل فرن القوس الكهربى لمدة يوم عند نقطة الربط المشترك على مصدر جهد فائق. ويلاحظ فى الشكل أن كل ذروة ارتعاش يقابلها فترة انصهار بالفرن.

ويبين شكل (٧ – ٢) توضيح لحدود معدل التقلب لتشغيل فرن القوس الكهربى موقعاً على منحنى الحساسية للارتعاش. عادة يسجل منحنى الحساسية لارتعاش الإضاءة المتوهجة (incandescent lighting) لتوضح كيف أن تقلبات الجهد تسبب تغير غير مقبول لمخرج الإضاءة.

كذلك يوضح شكل (٧ – ٣) ارتعاش الجهد الناتج عن تشغيل فرن القوس الكهربى.

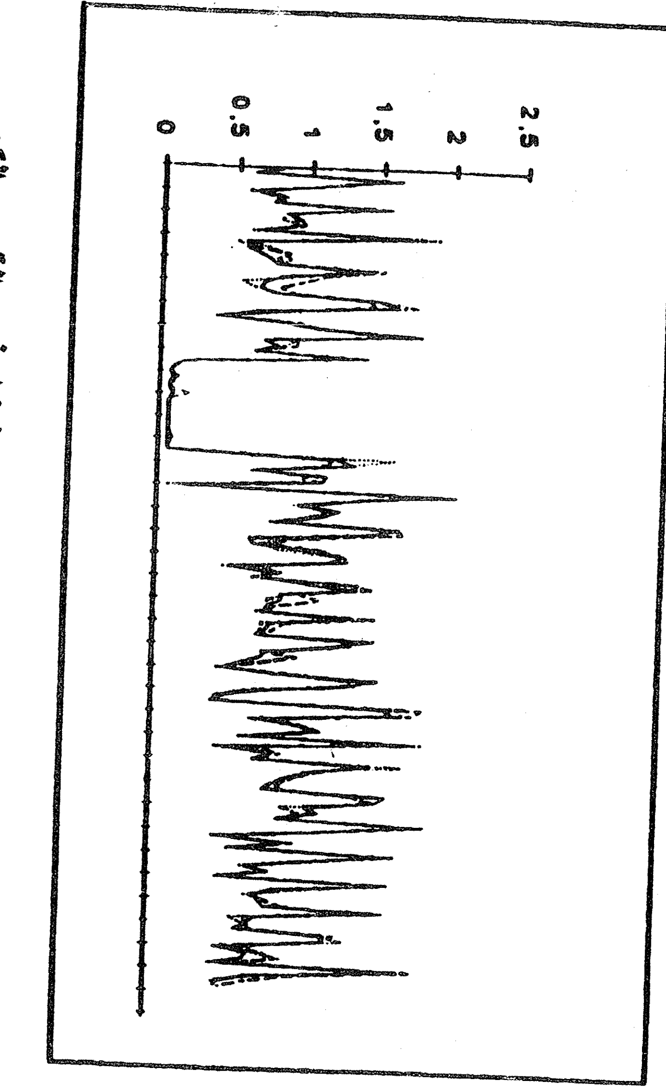
أمثلة للأحمال المسببة لارتعاش الجهد :

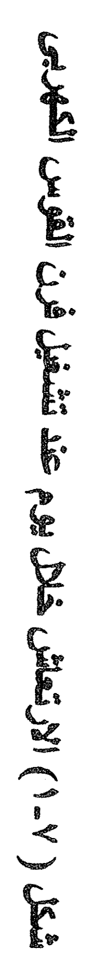
١ - ماكينات اللحام بالمقاومة بمصانع الحديد والصلب

(Resistance Welding Machines)

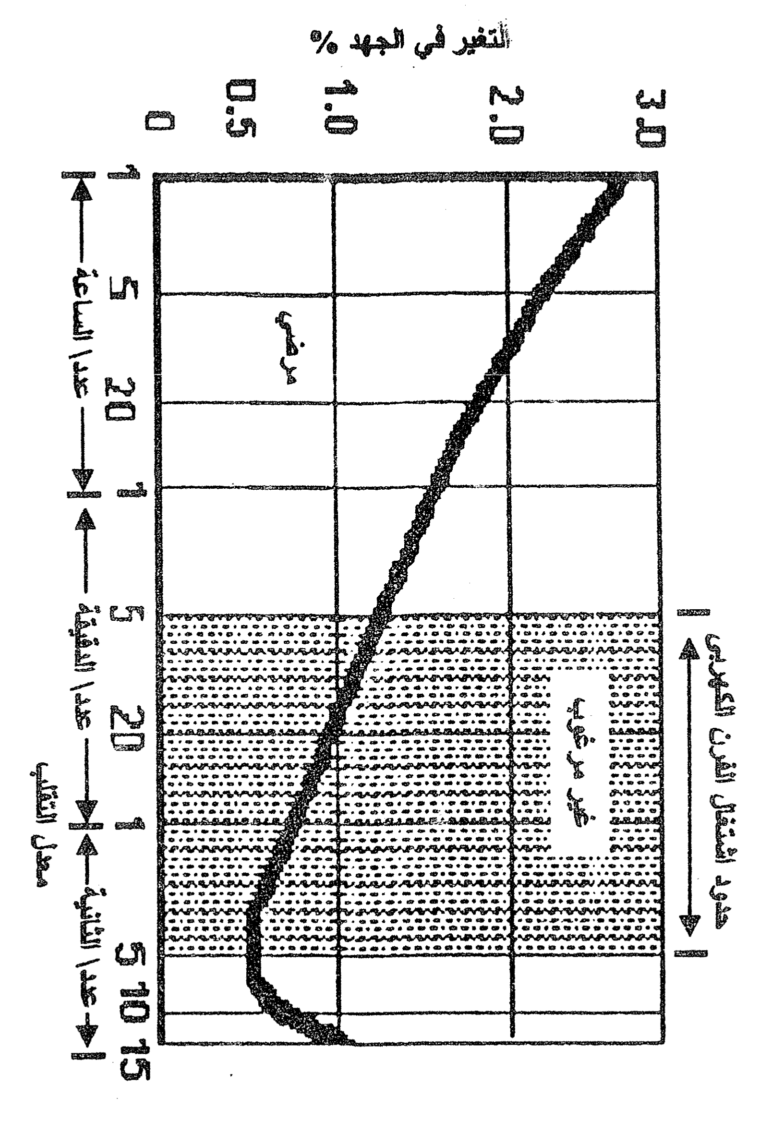
أحياناً يسبب اللحام بالمقاومة مشاكل ارتعاش الجهد بصناعة الحديد والصلب .. ويحدث هذا عند تغذيه عدة ماكينات لحام من نفس محول التوزيع حيث يكون تشغيلها عشوائياً ولايعتمد أحداهما على الآخر.. أحياناً كثير من ماكينات اللحام تعمل فى نفس الوقت، لحظة الهبوط فى الجهد تسبب برودة شديدة لوصلات اللحام.

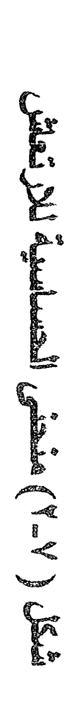
أحياناً تسبب ماكينات اللحام الأوتوماتيكية الكبيرة مشاكل الارتعاش



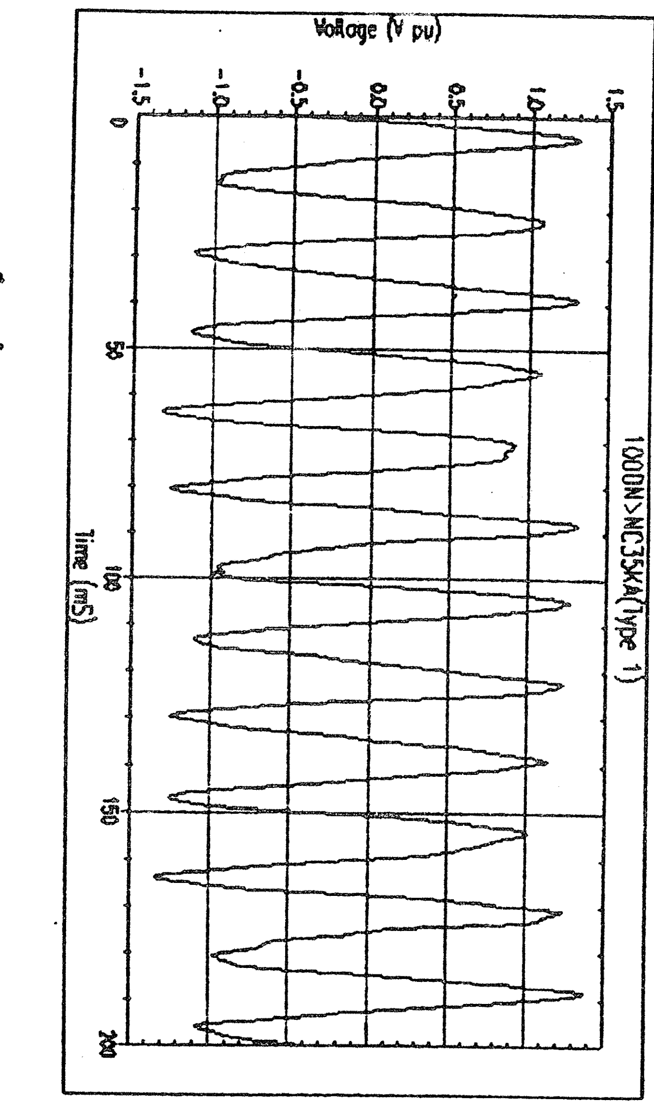


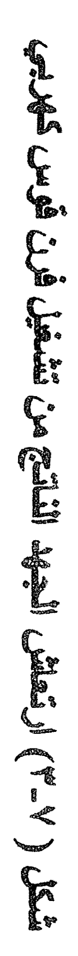
شكل (٧-١) الارتعاش خلال يوم عند تشغيل فرن القوس الكهربي





شكل (٧-٢) منحنى الحساسية للارتعاش




شكل (٧-٣) ارتعاش الجهد الناتج من تشغيل فرن قوس كهربي

بمصادر التغذية الكهربائية. خاصة الماكينات التى تكرر عملية اللحام مرة كل ثانية أو أسرع.

ويمكن أن يؤدى تكرار الهبوط فى الجهد الناتج من اللحام إلى ارتعاش ملحوظ فى الإضاءة. غالباً ما يتعدى ارتعاش الجهد بمصانع الحديد القيم القياسية العالمية.

مثال لمصنع حديد وصلب تم تركيب معوض استاتيكى (VAR compensation) لمعالجة الارتعاش يتغذى هذا المصنع مع حوالى ١٦٠٠ مشترك سكنى على نفس محول التوزيع، حوالى ٢٥ من هؤلاء المشتركين تقدموا بشكاوى متكررة من تكرار ارتعاش الإضاءة. يسبب الارتعاش قلق بعض المشتركين على التوصيلات داخل منازلهم. أحد المشتركين قلق من ملاحظة تقلب الإضاءة وأنها مؤشر ينذر مبكراً بحدوث نوبة مرضية أو أزمة قلبية. وشعر بعض المشتركين بالارتياح عند شعورهم باهتمام مسئولى الكهرباء بهذه المشكلة أو البعض الآخر شعر بالارتياح عند الاطمئنان أن هذه الظاهرة لاتؤثر على التوصيلات داخل منازلهم.

٢ - بداية تشغيل المحرك والتغير في عزم الحمل

(Motor Starting and load Torque Variations)

مصدر جهد متوسط ١٢ ك . ف ومستوى القصر ٣٥ م. ف. أ. لمحول توزيع يغذى عدة مئات مستهلك سكنى وبعض العمليات الصناعية. يوجد فى نهاية المغذى عدد ٤ محركات تأثيرية ٢ × ٣٥٠ حصان، ٢ × ٥٠٠ حصان. يكون بداية عمل المحركات متتالياً وخصائص الحمل عبارة عن التغير بين عزم الحمل (load torque) وعزم التوقف (breakdown torque).

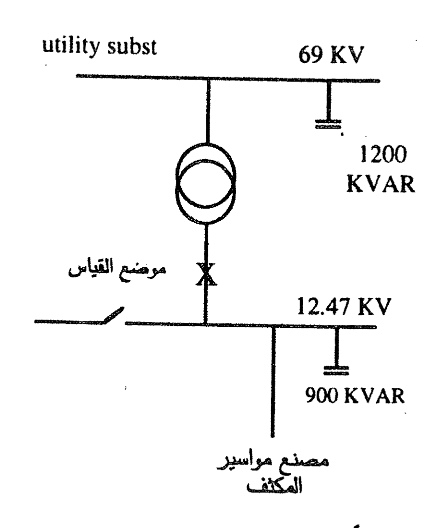
يصاحب طبيعة هذه الأحمال ظهور ارتعاش الجهد وبالتالى شكوى السكان.

٣ - ماكينات اللحام بالمقاومة بمصنع مواسير المكثف:

أحد مصانع إنتاج مواسير المكثف (condenser tubes) للثلاجات المنزلية اشترى ماكينة لحام مقاومة بالتنقيط (resistive spot welder) قدره ١٥٠٠ك.ف.أ لاستخدامها في إحكام إغلاق أنابيب المكثف مع التوصيلات الصلب والمستخدمة لتبديد الحرارة وتثبيت الهيكل. لتلبية احتياجات المصنع تم تشغيل ماكينة اللحام لمدة ٢٤ ساعة في اليوم بقدرتها الكاملة.

خلال ١٣ يوم من بداية تشغيل ماكينة اللحام اشتكى ١٠٧ مستهلك سكني مختلف، من ارتعاش الإضاءة، وأكثر من ٢٥ اتصال يومياً. وكانت المشكلة الكبرى هي طلب علاج المشكلة بدون توقف تشغيل ماكينة اللحام.

تم قياس المتغيرات الكهربائية بالإضافة إلى الارتعاش في الحالات الآتية:



١ - عند فصل / توصيل معوض القدرة غير الفعالة ١٢٠٠ ك. ف. أ. ر. المركب عند المحطة.

٢ - عند فصل / توصيل معوض القدرة غير الفعالة ٩٠٠ ك. ف. أ. ر. المركب عند المشترك.

٣ - فصل / توصيل رابط القضبان بالمحطة.

لم يؤثر تغيير معوضات القدرة غير الفعالة أو وضع رابط القضبان في نتائج تقلبات الجهد عند القياس من جهة المحطة أو من جهة المشترك.

وعند غلق رابط القضبان انخفض قليلاً الارتعاش (P_{st}) المقاس عند

المشـترك من ٢,٤ إلى ٢ . هذا الإجـراء أدى إلى زيادة شكوى المشـتركين الآخرين على نفس مصدر التغذية.

من المعروف أن العامل الرئيسى لحدوث ارتعاش الإضاءة هو حدوث الإشعال (firing) اللحظى للقطبين. وعند تغير تتابع الإشعال من مرتين إلى مرة واحدة وكذلك تخفيض زمن اللحام من دورتين إلى دورة واحدة لكل لحام، عندئذ ينخفض الارتعاش (P_{st}) من أكبر من ٢ إلى ٠,٨ كما هو واضح فى شكل (٧ – ٤).

بتغير سرعة الكامة (cam speed) وحرارة اللحام يمكن الوصول إلى أقصى جودة لعملية اللحام. وبالتجربة وجد عند أقصى سرعة للكامة ١٠٧ دورة / الدقيقة (rpm) وحرارة اللحام ٨٣٪ نحصل على أعلى جودة لحام.

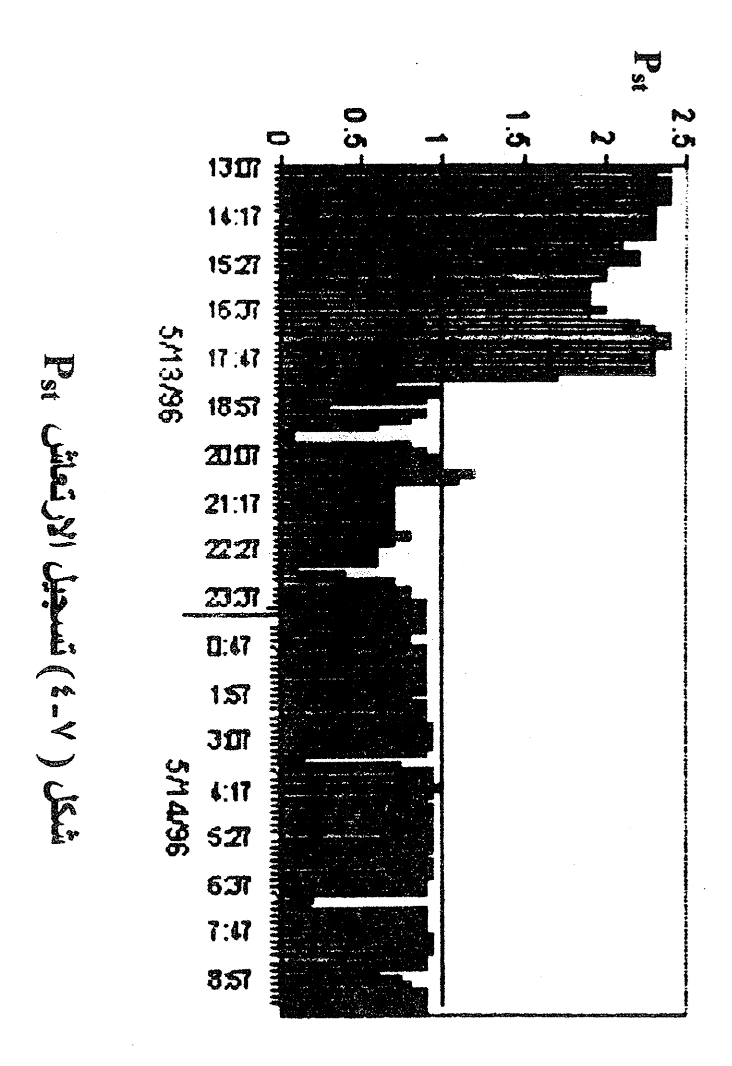
ولقد وجد لهذا المصنع أن الاختيار الاقتصادى لتقليل الارتعاش والحفاظ على مستوى منتج عالى أن يتغير تتابع الإشعال لزوجى القطبين من مرتين إلى مرة واحدة وأن تكون سرعة الكامة فى حدود من ٦٠ دورة / الدقيقة إلى ١٠٧ دورة / الدقيقة.

عندئذ عند تشغيل المصنع تنخفض التقلبات فى الجهد عند قضبان المحطة إلى المستوى الذى لايخلق ارتعاش ملحوظ وبالقياس وجد أن الارتعاش (P_{st}) أصبح أقل من الوحدة.

حدود ارتعاش الجهد غير المرغوب

Range of objectionable voltage flicker

من خصائص تشغيل المحركات أن لها تيار بداية عالى جداً عند معامل قدره منخفض خلال فترة زمنية صغيرة جداً. هذه الزيادة المفاجئة فى التيار المار إلى الحمل تؤدى إلى زيادة لحظية فى هبوط الجهد خلال نظام التوزيع، وبالتالى يحدث انخفاض فى الجهد عند مدخل معدات الاستعمال. سيحدث



شكل (٧-٤) تسجيل الارتعاش P_{st}

انحدار للجهد حوالى $\frac{١}{٤}$: $\frac{ }{٢}$ ٪ مسبباً انخفاض ملحوظ فى مخرج الضوء للمبات المتوهجة بينما يكون الانخفاض الملحوظ أقل فى مخرج الضوء للمبات التفريغ الغازى (gaseous discharge) .

عموماً ، يكون متوسط تيار البداية القياسى للمحرك حوالى ٥ مرات تيار الحمل الكامل. يشار للقيمة التقريبية لجميع المحركات (a.c) الأعلى من $\frac{١}{٢}$ حصان برمز كود على لوحة بيان المحرك.

يحتاج المحرك لحوالى ١ ك. ف. أ لكل حصان فى حالة التشغيل العادى، وعلى ذلك فإن قدرة البداية للمحرك ستصل إلى ٥ ك . ف. أ. لكل محرك واحد حصان. إذا كانت قدرة المحرك بالحصان حوالى ٥ ٪ من سعة المحول المغذى بوحدات ك. ف. أ، فإن المحرك يحتاج لبداية التشغيل حوالى ٢٥ ٪ من سعة المحول وإذا كانت معاوقة (impedance) المحول ٦ – ٧ ٪ فإن النتيجة اللافتة للنظر هى حدوث انحدار جهد حوالى ١ ٪ .

بالإضافة إلى ذلك ، يحدث نفس انحدار الجهد للتوصيلات بين محول التغذية والمحرك عند بداية تشغيل المحرك والمصحوب بهبوط فى الجهد ٤ ٪ أو ٥ ٪.

وعلى ذلك، فإن هبوط الجهد (voltage drop) سيتوزع على طول الدائرة وعلى ذلك يحدث فقط أقصى انحدار عند انتقال المحرك من نهاية خط التوزيع إلى بدايته، ويقترب هبوط الجهد إلى القيمة صفر. ويكون تأثير نقل المعدات من نهاية الخط إلى بدايته، أن يظل انحدار الجهد ثابت حتى موضع توصيل المحرك ثم يقل إلى الصفر كلما تم توصيل المعدات بالقرب من بداية الخط.

ويصبح انحدار الجهد الكلى هو مجموع الانحدار عند مخرج محول التوزيع وعند الدوائر الثانوية. فى حالة المحركات الكبيرة جداً (عدة مئات أو قليل من الآلاف من الحصان) فيجب أن تؤخذ معاوقة مصدر التغذية فى الاعتبار. عند فتح وقفل أو عند تشغيل وفصل الأحمال بسرعة مثل حالة ماكينات اللحام

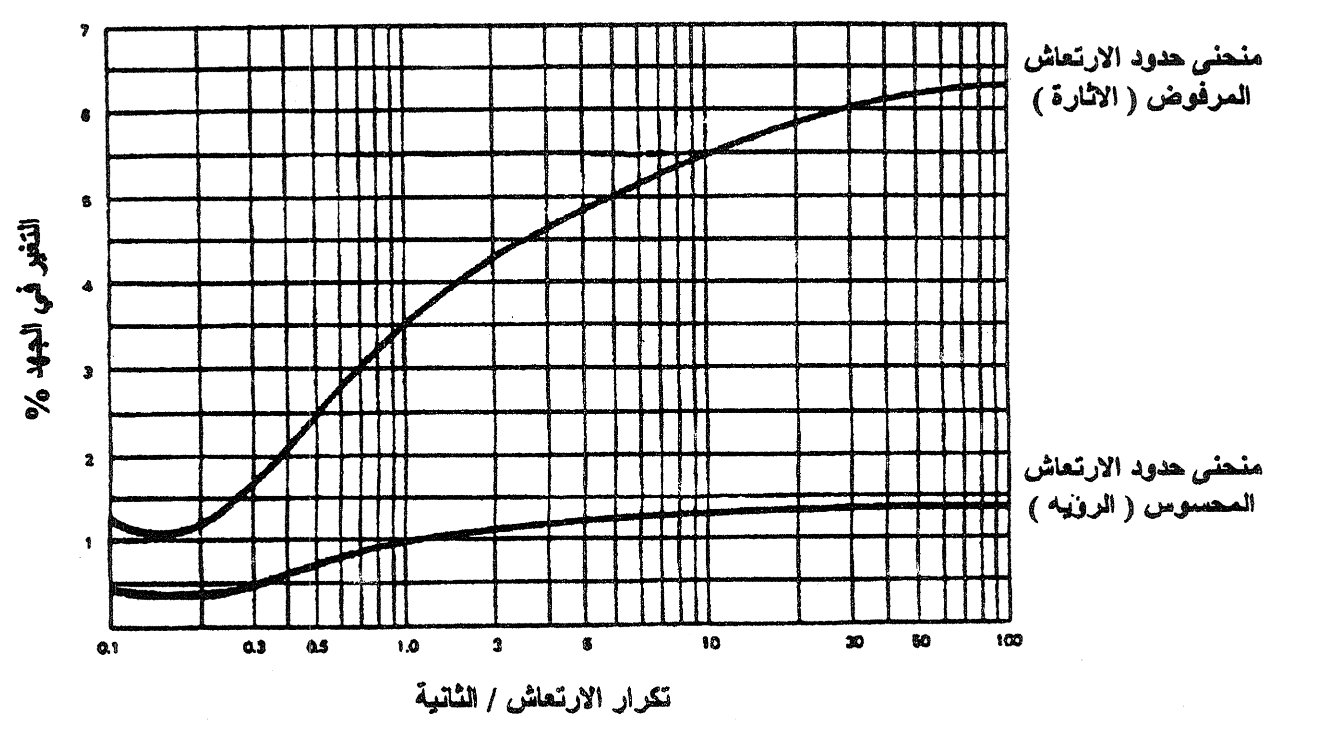
بالمقاومة (resistance welder) ، أو عند التقلب السريع مثل حالة أفران القوس الكهربى، فإن التقلب السريع فى مخرج ضوء اللمبات المتوهجة والتقلب الأقل فى لمبات التفريغ الغازى يسمى بالارتعاش (flicker) . عند استمرار الارتعاش لفترة محددة، فإن التغير فى الجهد $\frac{١}{٢}$ ٪ لايكون مرغوباً. لمعدات الاستعمال عند أحمال متقابة سريعة ولها ١٠ ٪ من سعة محول التوزيع فإنه يلزم لحساب التأثير على معدات الإنارة قيم تيار الحمل الحقيقية ومعاوقة النظام.

يستخدم شكل (٧ – ٥) لإيجاد حالة تقلبات الجهد المسببة لتقلبات غير مرغوبة لمخرج ضوء اللمبات المتوهجة. تبدأ حدود منحنى الإثارة (irritation curve) بتغير جهد ١ ٪ عند تردد ٧ تقلبات / ثانية ويزيد إلى حوالى ٦ ٪ عند تردد تقلب واحد / دقيقة. ترجع الحدود بين الارتعاش المسموح (permissible flicker) وبين الارتعاش غير المرغوب (objectionable flicker) إلى حقيقة أن بعض الأشخاص تتضرر أكثر من الآخرين. أيضاً فإن تأثير الارتعاش يعتمد على حالات العمل وشدة الإضاءة. تشير الاختبارات إلى أن الارتعاش الذى يثير بعض الأشخاص يمكن أن يلاحظ بصعوبة للآخرين. يعتبر الارتعاش مشكلة محسوسة بالنسبة للمبات المتوهجة عنها بالنسبة للمبات التفريغ عالى الشدة (high-intensity discharge) واللمبات الفلورسنت.

فى شكل (٧ – ٥) مثلاً، الإضاءة المستخدمة للأعمال الدقيقة مثل أعمال الرسم تحتاج لحدود ارتعاش قريب من حدود منحنى الرؤية (visibility curve) بينما للرؤية فى المساحات الشائعة مثل المخازن، فإن حدود الارتعاش يمكن أن تقترب من حدود منحنى الإثارة. يلاحظ أن تأثير انحدارات الجهد تعتمد على تردد (تكرار) الحادثة . حدوث انحدار اعتراضى، حتى لو كان كبير لحد ما، نادر ما يكون مرغوباً.

اقتراحات لحل مشاكل ارتعاش الجهد:

١ – من الحلول التقليدية لتقليل أو التخلص من مشاكل ارتعاش الجهد:



شكل (٧- ٥) حدود جهد الارتعاش المسموح والغير مرغوب مع الزمن

أ – تجديد موصل المغذى (reconductor the feeder) .

ب – زيادة الجهد المقنن للمغذى (uprate the feeder voltage) .

جـ – إنشاء مغذى جديد (construct a new feeder) .

د – إنشاء محطة محولات جديدة (construct a new substation) .

لايمكن تطبيق هذه الحلول التقليدية لجميع مشاكل ارتعاش الجهد فى وقت حدوثها وذلك لأنه لايمكن توقع موعد التوسع فى أحمال المشروعات أو لأنه لايمكن منع القيود البيئية للتوسع فى شبكات التوزيع.

٢ – تعتبر مكثفات التوالى بشبكة التوزيع حل اقتصادى لمشاكل ارتعاش الجهد.

٣ – يعتبر الحل المفضل لارتعاش الجهد الناتج من بداية تشغيل المحرك هو تقليل تيار بداية تشغيل المحرك باستخدام بادئ تخفيض الجهد (reduced voltage starter) أو بادئ المحرك ذى الحالة الصلبة (solid-state motor starter) . ويعتبر هذا الحل مسئولية المستهلك وليس مسئولية مرافق الكهرباء. فى بعض الحالات، لايمكن لبادئات المحركات التخلص الكلى من ارتعاش الجهد الذى تتعرض له. يمكن لمرافق الكهرباء أن تجهز مصادر موضعية لعلاج الجهد مثل تركيب مكثف تزامنى (synchronous condenser) أو تحكم أستاتيكى فى القدرة غير الفعالة (static var control) . وتعتبر هذه الحلول غير اقتصادية.

٤ – إذا وصل الارتعاش إلى حدود غير مرغوبة (objectionable) فإما أن يقلل الحمل المتسبب فى هذا الارتعاش أو أن يلغى من على هذا المصدر. أو يمكن زيادة سعة (capacity) مصدر التغذية حتى يمكن تخفيض الهبوط فى الجهد الحادث عن الحمل المتقلب.

٥ – فى المصانع الكبيرة المحتوية على معدات مسببة للارتعاش فيجب تغذيتها من محول ومصدر منفصل حتى لاتؤثر على الأحمال الحساسة للارتعاش.

٦ – توجد بعض الاعتبارات الخاصة التى يجب أن تؤخذ فى الاعتبار عند بداية تشغيل المحركات الكبيرة وذلك لتقليل انحدار الجهد لكى لايؤثر على تشغيل المعدات المستخدمة بالشبكة المغذية للمحركات. يمكن تغذية المحركات الكبيرة من شبكة الجهد المتوسط مثل الجهود ٢,٤ ك. ف. ، ٤,١٦ ك. ف، ١٢,٤٧ ك.ف. من خلال محول منفصل وبذلك سينخفض أو يلغى انحدار الجهد بشبكة الجهد المنخفض.

وبالتالى التخلص من الارتعاش غير المرغوب.

يوضح جدول (٧ – ١) الجهود القياسية وحدود قدرة المحركات (حصان) للمحركات التأثيرية متعددة الأطوار (Polyphase induction motors).

جدول (٧ - ١)

	الجهد المقنن للمحرك (فولت) (من لوحة البيان)	حدود القدرة المفضلة (حصان)	
		الأدني	الأقصي
محركات الجهد المنخفض	115	-	15
	230	-	200
	460, 575	1	1000
محركات الجهد المتوسط	2300	50	6000
	4000	100	7500
	4500	250	-
	6000	400	-
	13200	1500	-

القيم القياسية العالمية لارتعاش وتقلب الجهد

١ - تقدير ارتعاش وتقلب الجهد للمعدات أقل من ١٦ أمبير:

تبعاً للمواصفات القياسية العالمية (IEC 1000 - 3 - 3 - 1994)

١ - ١ تقدير تغير الجهد النسبي "d" relative voltage change:

يكون أساس تقييم الارتعاش هو تغير موجه الجهد عند طرفى المعدة تحت الاختبار، والتى يرمز لها بالاختلاف ΔU لأى قيمتين متتاليتين للجهود بين الطور والتعادل $U(t_1)$, $U(t_2)$ أى أن :

$$\Delta U = U(t_1) - U(t_2) \text{ ....} \quad (1)$$

يتم حساب أو قياس قيم جذر متوسط مربعات الجهود $U(t_1)$, $U(t_2)$. ويرجع تغير الجهد ΔU إلى حدوث هبوط فى الجهد (voltage drop) على معاوقة المرجع المركبة $\underline{Z}$ عند تغيير التيار الأساسى المركب للمدخل $\Delta \underline{I}$ للمعدة تحت الاختبار.

$$\Delta \underline{I} = \Delta I_p - j \,.\, \Delta I_q = \underline{I}(t_1) - \underline{I}(t_2) \text{ ....} \quad (2)$$

حيث ΔI_p = المركبة الفعالة للتيار ΔI

ΔI_q = المركبة غير الفعالة للتيار ΔI [وتكون موجبة إذا كان التيار متأخر (lagging) بينما تكون سالبة عندما يكون التيار متقدماً (leading)] .

ويراعى أنه فى حالة ما إذا كانت نسبة التشوه بالتوافقيات (harmonic distortion) للتيار $I(t_1)$, $I(t_2)$ أقل من ١٠ ٪ فإنه يمكن استخدام قيمة جذر متوسط المربعات الكلى بدلاً من قيم جذر متوسط مربعات لتيارات الموجة الأساسية.

ويحسب التغير فى الجهد للمعدات أحادية الطور وللمعدات ثلاثية الطور المتماثلة تبعاً للمعادلة:

$$\Delta U = | \Delta I_p . R + \Delta I_q . X | \text{ .... } (3)$$

حيث X ، R هى مقاومة وممانعة معاوقة المرجع $\underline{Z}$

ويعرف تغير الجهد النسبى من العلاقة :

$$d = \frac{\Delta U}{Un} \text{ .... } (4)$$

١ - ٢ تقييم قيمة الارتعاش قصير المدي (P_{st})؛ (short-term flicker)

توجد عدة طرق لتقييم مؤشر الارتعاش P_{st} منها استخدام جهاز قياس الارتعاش (Flickermeter) وطريقة المحاكاة (simulation method) والطريقة الحسابية (Analytical method) .

أ - جهاز قياس الارتعاش Flickermeter

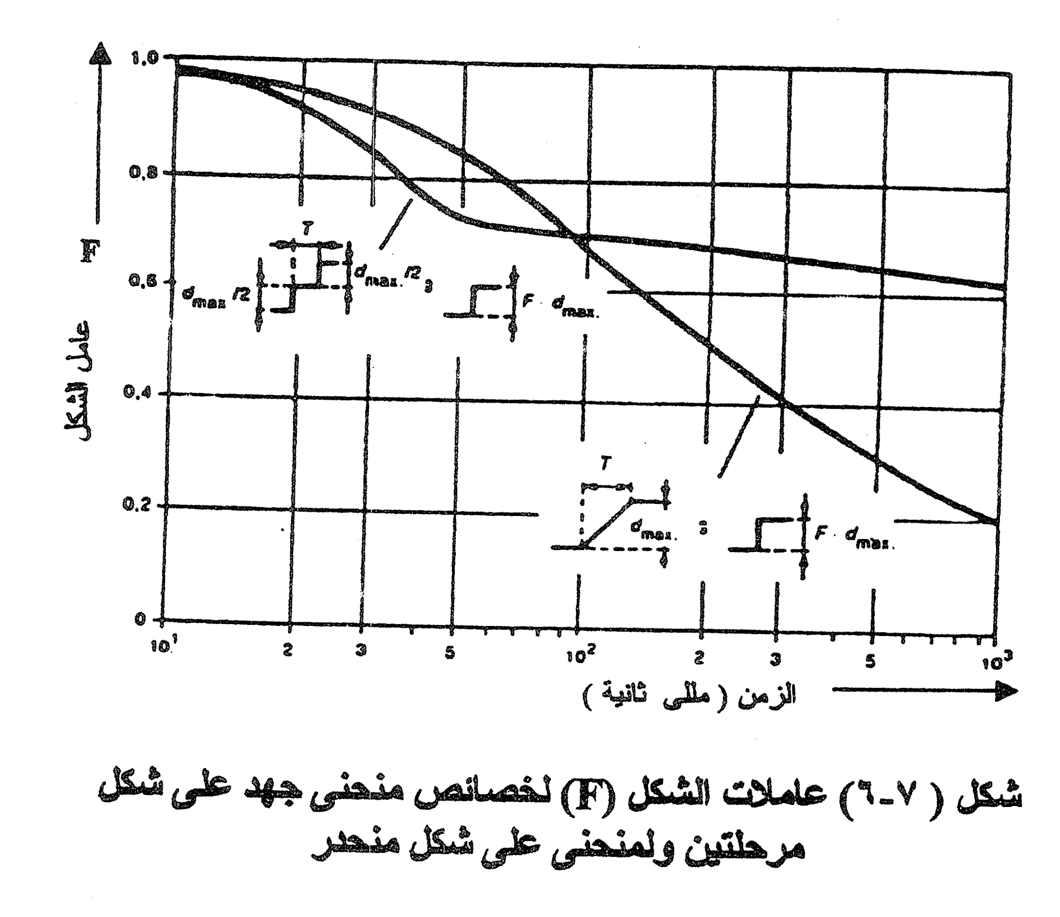
يمكن قياس وتقييم جميع أنواع تقلب الجهد بالقياس المباشر باستخدام جهاز قياس الارتعاش والذى يخضع للمواصفات القياسية العالمية IEC 868 .

ب - طريقة المحاكاة Simulation method

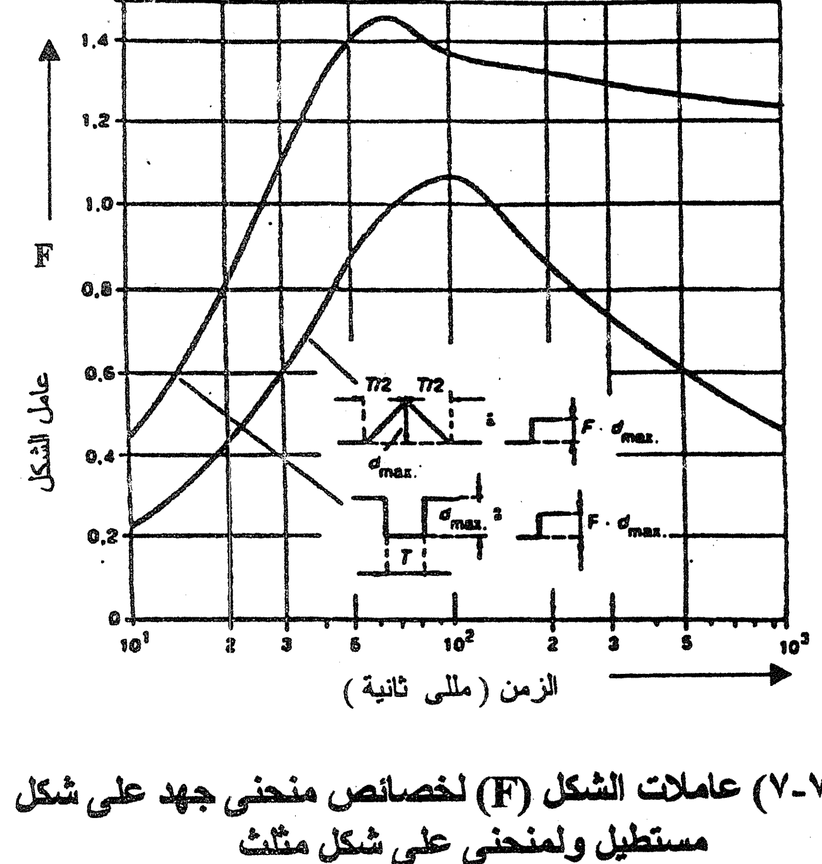
إذا كان معلوماً موجة تغير الجهد النسبى فإنه يمكن تقييم P_{st} باستخدام محاكاة بالحاسب الآلى.

جـ - الطريقة الحسابية Analytical method

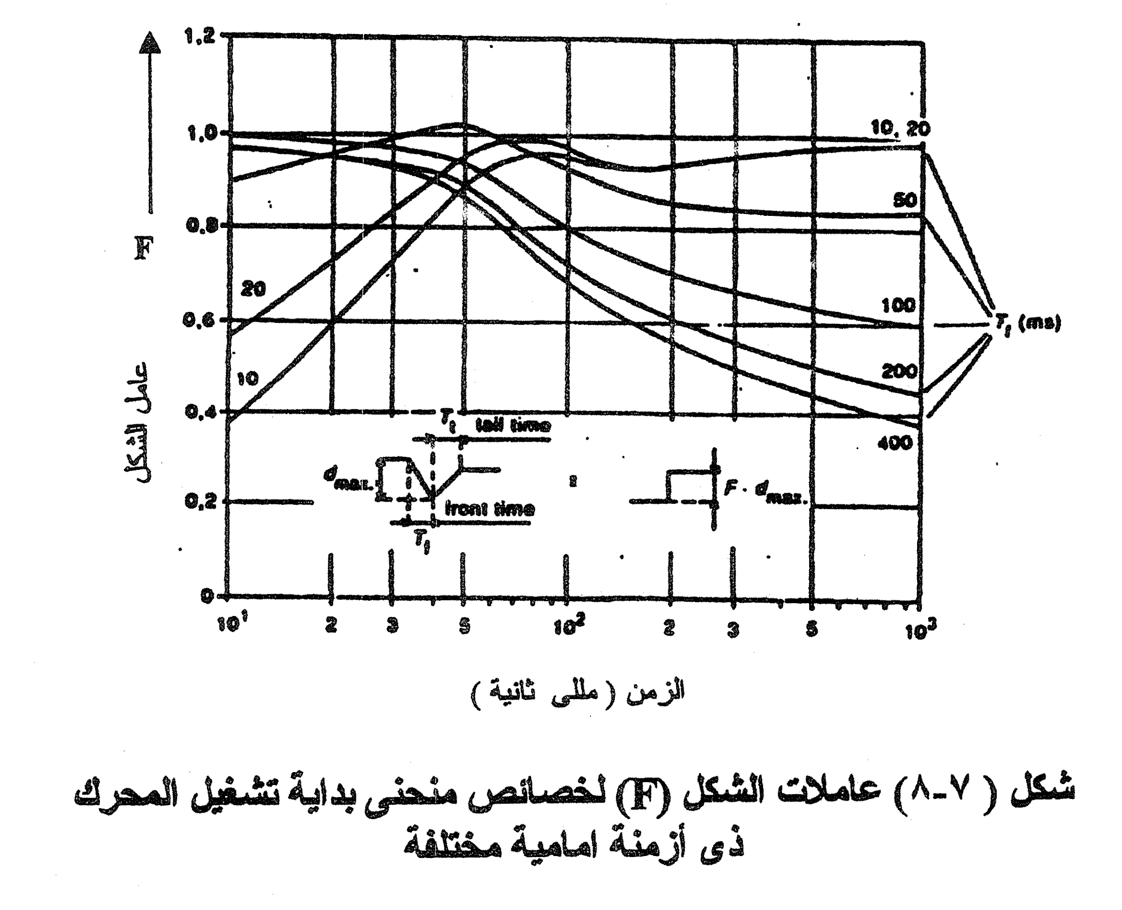
تقيم قيم P_{st} لأنواع موجات تغير الجهد الموضحة فى الأشكال (٧ – ٦) ، (٧ – ٧) ، (٧ – ٨) عن طريق المعادلات أرقام ٥ ، ٦ . يتوقع أن تكون سماحية قيم P_{st} المحسوبة فى هذا البند فى حدود ± ١٠ ٪ بالمقارنة بالقيم المقاسة مباشرة. (يلاحظ أنه لايمكن استخدام هذه الطريقة إذا كانت الفترة الزمنية بين نهاية أول تغير فى الجهد وبداية التغير التالى أقل من ١ ثانية)، يعبر عن موجة تغير الجهد النسبى بواسطة زمن انطباع الارتعاش flicker impression time (t_f) بالثوانى كما فى المعادلة :



شكل (٧-٦) عاملات الشكل (F) لخصائص منحنى جهد على شكل مرحلتين ولمنحنى على شكل منحدر



شكل (٧-٧) عاملات الشكل (F) لخصائص منحنى جهد على شكل مستطيل ولمنحنى على شكل مثلث



شكل (٧-٨) عاملات الشكل (F) لخصائص منحنى بداية تشغيل المحرك ذى أزمنة امامية مختلفة

$$t_f = 2.3 \ (F.\, d_{max})^{3.2} \ .... \quad (5)$$

ويعبر عن أقصى تغير جهد نسبى d_{max} كنسبة من الجهد المقنن.

حيث F هو عامل الشكل (shape factor).

ونحصل على الارتعاش قصير المدى (P_{st}) من المعادلة :

$$P_{st} = \left(\frac{\Sigma t_f}{T_p} \right)^{1/3.2} \ .... \quad (6)$$

حيث :

Σt_f = مجموع أزمنة انطباع الارتعاش

T_p = طول الفترة الكلية (بالثوانى)، والتى يطلق عليها أيضاً فترة المراقبة (Observation period) والذى يساوى ١٠ دقائق فى حالة P_{st}، ويساوى ساعتين فى حالة P_{lt} .

١ - ٣ عامل الشكل (shape factor)

يحول عامل الشكل (F) موجه التغير النسبى فى الجهد d (t) إلى ارتعاش يكافئ تغير جهد الخطوة النسبى (relative step voltage change) أى ($F.\, d_{max}$).

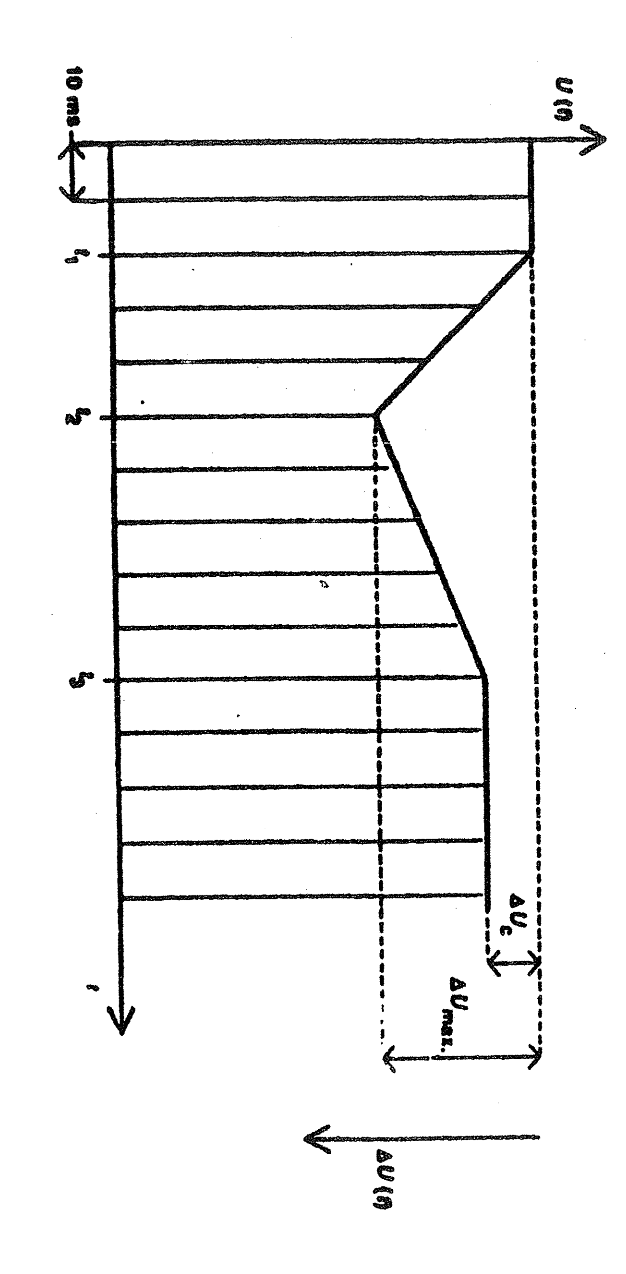
يساوى عامل الشكل (F) واحد صحيح لتغير الجهد على شكل موجة مربعة.

نحصل على موجة تغير نسبى فى الجهد برسم بيانى نسيجى (histogram) له دورات متتابعة لمدة ١٠ مللى ثانية.

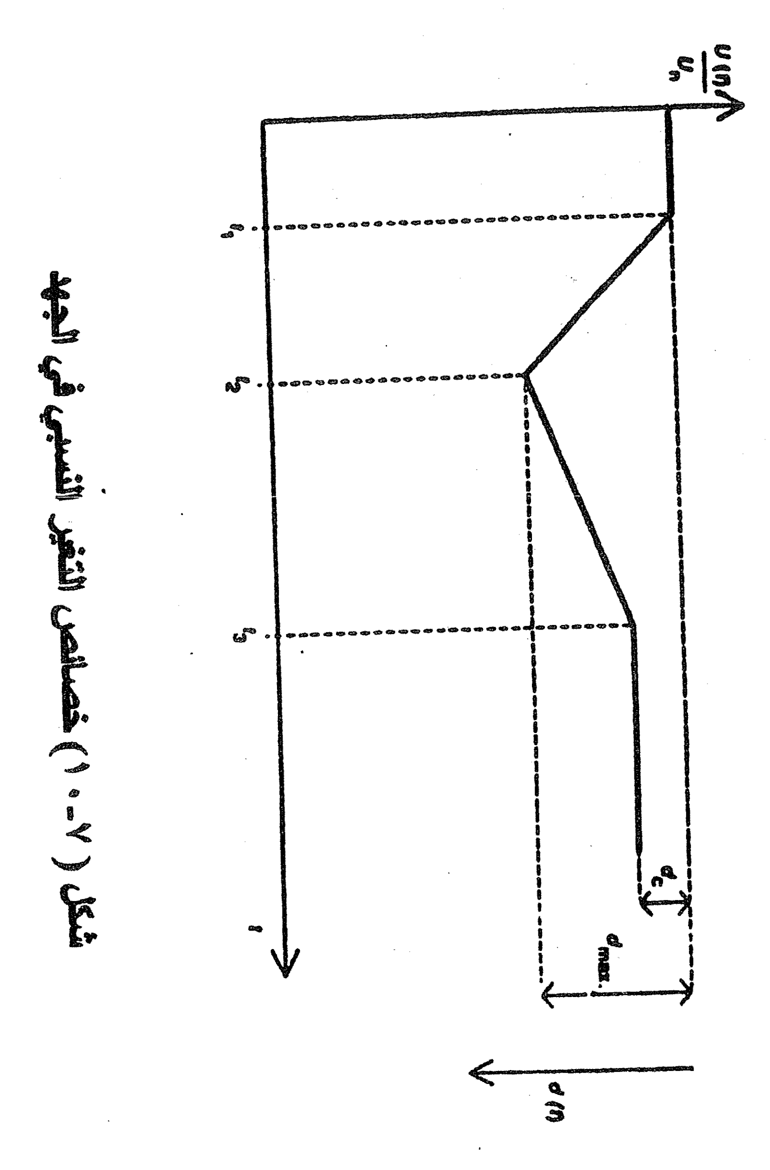
يوضح شكلى (٧ – ٩) ، (٧ – ١٠) التعريفات اللازمة. ونحصل على الزمن T بالمللى ثانية من الأشكال (٧ – ٦) ، (٧ ، ٧)، (٧ ، ٨) ومنهم نحصل على عامل الشكل F المطلوب.

١ - ٤ منحنى $P_{st} = 1$:

فى حالة تغير الجهد على شكل موجة مربعة بنفس القيمة "d" ، بمسافات



شكل (٧-٩) الرسم البياني النسبي لتقييم U(t)



شكل (٧-١٠) خصائص التغير النسبي في الجهد

مرحلية متساوية عندئذ يمكن استخدام المنحنى بشكل (٧ – ١١) لاستنتاج القيمة المقابلة لـ $P_{st} = 1$ لمعدل تكرار دقيق، يرمز لهذا المعدل d_{lim}. ويكون P_{st} المقابل لتغير الجهد له كما فى المعادلة :

$$P_{st} = \frac{d}{d_{lim}}$$

١ - ٥ القيم القياسية لارتعاش أحمال الجهد المنخفض وحتي حمل ١٦ أمبير:

طبقاً للمواصفات القياسية IEC 1000 3-3

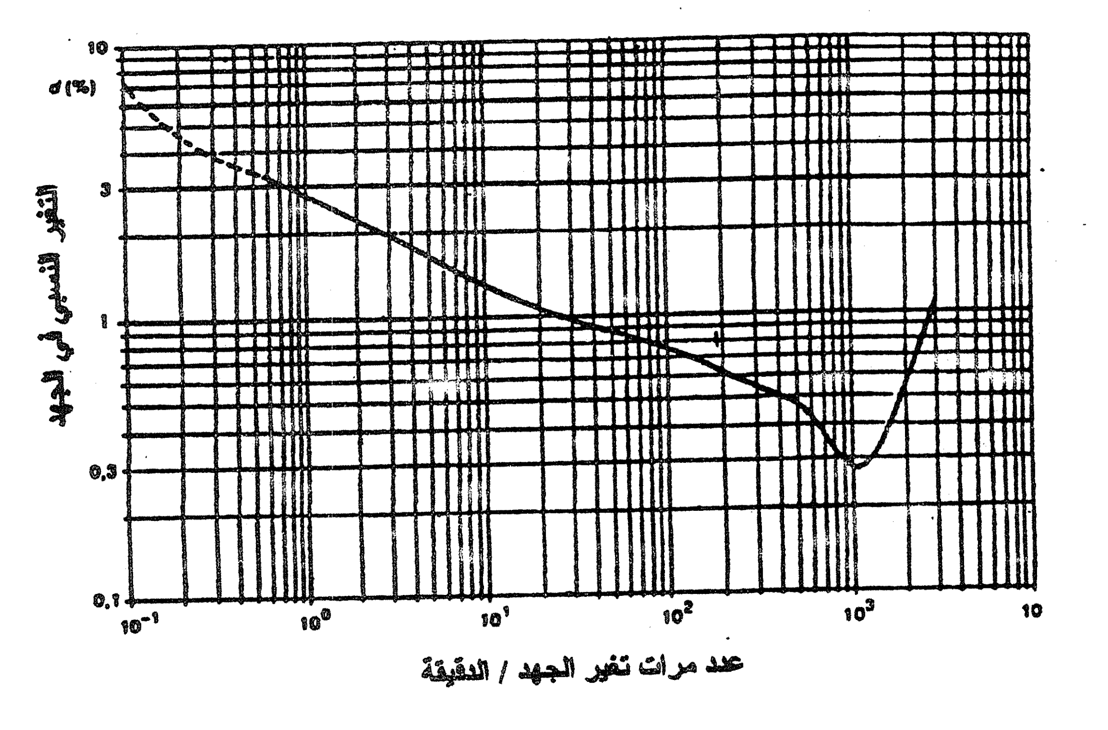
* يجب ألا تتعدى قيمة P_{st} عن 1
* يجب ألا تتعدى قيمة P_{lt} عن ٠,٦٥
* يجب ألا تتعدى قيمة d_c (التغير النسبى للجهد المستقر) عن ٣٪
* يجب ألا تتعدى قيمة d_{max} (أقصى تغير نسبى للجهد) عن ٤٪
* يجب ألا تتعدى قيمة d (t) خلال تغير الجهد عن ٣٪ لفترة أكثر من ٢٠٠ مللى ثانية.

٢ - القيم القياسية لارتعاش أحمال الجهد المتوسط والمرتفع:

يوضح جدول (٧ – ٢) القيم القياسية طبقاً للمواصفات القياسية العالمية IEC 1000 3-7

جدول (٧ - ٢)

	مستويات الخطة (Planned levels)	
	MV	HV - EHV
P_{st}	0.9	0.8
P_{lt}	0.7	0.6



شكل (٧-١١) منحنى P_{st} =1 لمنحنى تغير الجهد (على شكل مستطيل متساوي البعد)

(ملحوظة: ١٢٠٠ تغير في الجهد / الدقيقة يقابل ١٠هرتز ارتعاش)

حيث :

MV = الجهد المتوسط من ١ إلى ٣٥ ك.ف

HV = الجهد العالى من أكبر من ٣٥ وحتى ٢٣٠ ك.ف.

EHV = الجهد الفائق أكبر من ٢٣٠ ك. ف.

٣ - القيم القياسية لارتعاش أحمال الجهد المنخفض (أكبر من ١٦ أمبير):

طبقاً للمواصفات القياسية العالمية IEC 1000 - 3 - 5

أ - للأحمال حتي ٧٥ أمبير:

تخضع لنفس القيم المذكورة فى بند (١ – ٥).

ب - للأحمال أكبر من ٧٥ أمبير:

* بالنسبة لحدود d_{max} ، d_c كما فى البند السابق.

* تقع P_{st} فى الحدود $0.6 < P_{st} < 1$

وتحسب P_{st} طبقاً للعلاقة :

$$P_{st} = \left(\frac{S_L}{S_{TR}} \right)^{1/3}$$

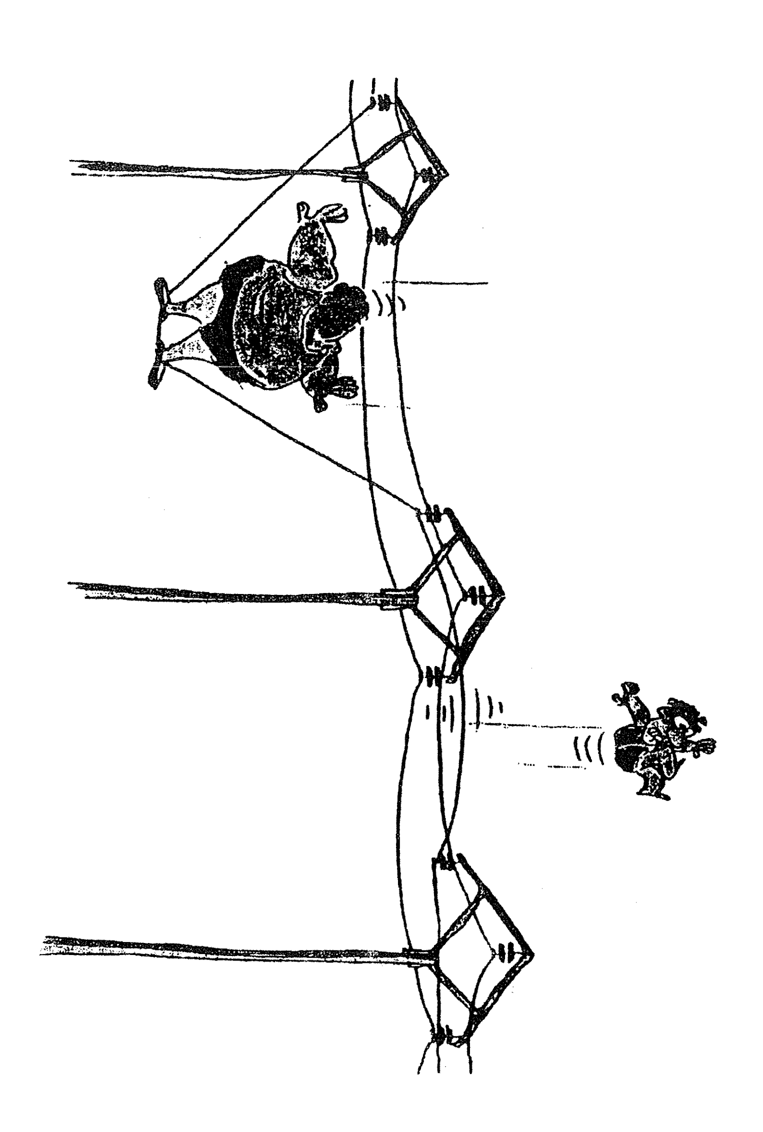
حيث :

S_L = القدرة الظاهرية المقننة للحمل

S_{TR} = القدرة الظاهرية المقننة لمحول التغذية (جهد عالى / جهد متوسط)

* تكون العلاقة بين P_{lt} , P_{st} كالآتى:

$$P_{lt} = 0.65 \; P_{st}$$



الباب الثامن

الجهود العابرة

Voltage Transients

مقدمة:

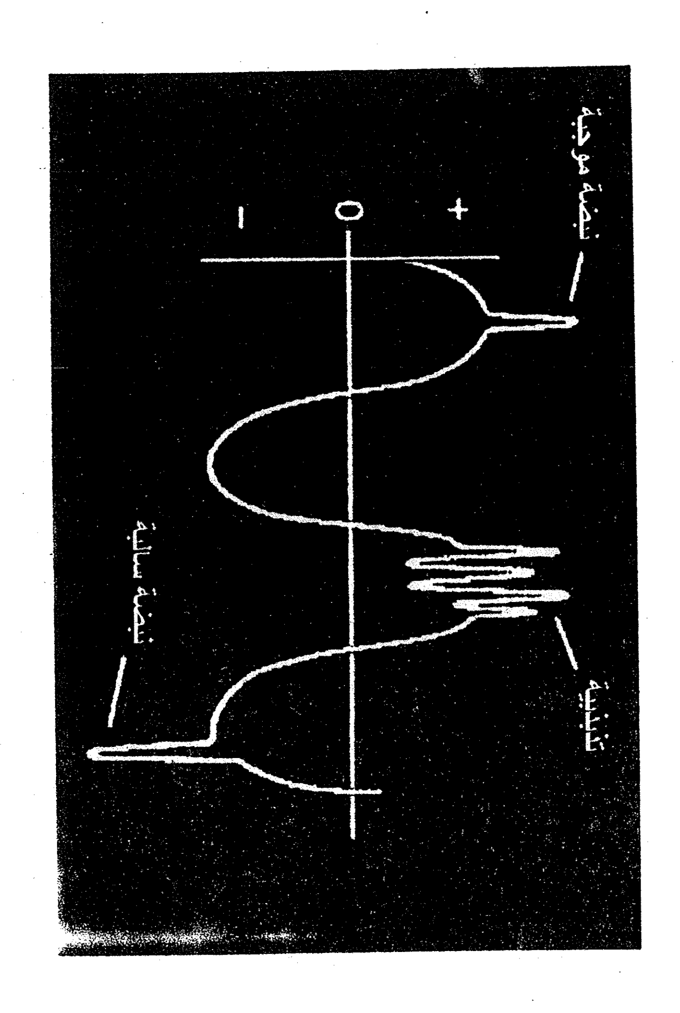
يستخدم تعبير «العابر» (transient أو spike أو surge) للإشارة إلى التغيرات السريعة فى نظم الجهد أو التيار. الجهود والتيارات العابرة هى اضطرابات أكثر منها متغيرات حالة الاستقرار مثل التشوه بالتوافقيت وعدم اتزان الجهد. تقاس الجهود العابرة : بقيمة الذروة (peak magnitude)، معدل الارتفاع (rate of rise)، أو التغير الفعلى فى شكل الموجة من دورة إلى التالية.

وتنقسم الجهود العابرة إلى نوعين تبعاً لشكلها:

- النبضة العابرة Impulsive transient
- الجهد العابر التذبذبى Oscillatory transiet

يوضح شكل (٨ - ١) أنواع الجهود العابرة.

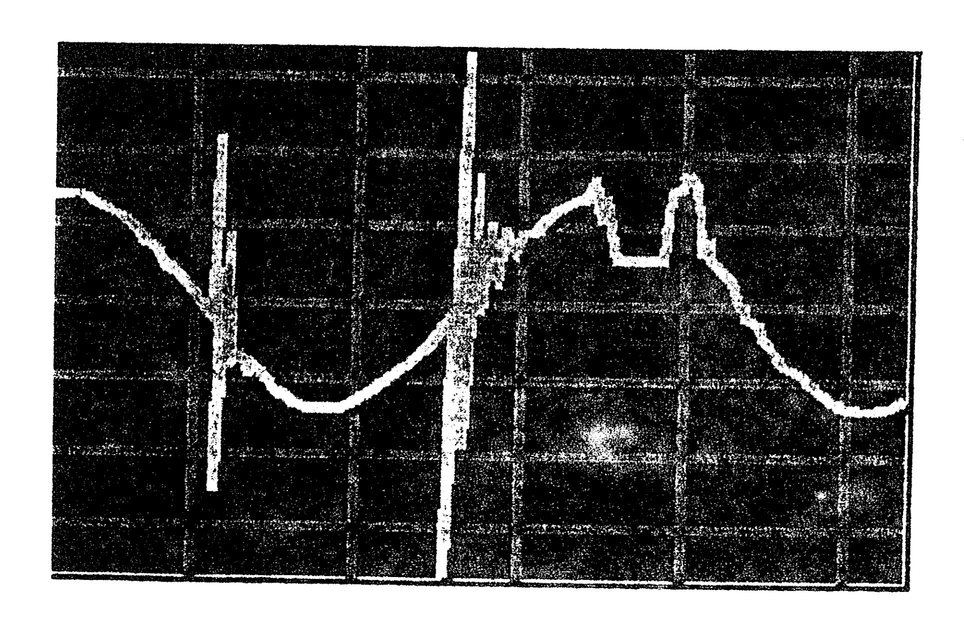
تحدث النبضة العابرة فى موجة الجهد أو موجة التيار فى اتجاه أحادى (قطبى) [نبضة عابرة موجبة أو نبضة عابرة سالبة]، ولذا توصف النبضة العابرة بالقيمة والاتجاه . من القيم الهامة الأخرى : معدل الارتفاع، أو كيفية تكون النبضة بسرعة حتى تصل إلى قيمة الذروة. وهذه القيمة هى المؤثرة على المعدات الالكترونية الحساسة. تتسبب الصواعق فى أغلب أنواع النبضات العابرة. ويعتبر التفريغ الكهروستاتيكى (electrostatic discharge) نوع خاص من النبضة العابرة. والذى يمكن أن يصل إلى أعلى من ١٥ ك. ف. وتؤدى الشرارة المباشرة للتفريغ الكهرومغناطيسى إلى انهيار المكونات أو تشغيلها الخاطئ. يوضح شكل (٨ - ٢) لقطة فوتوغرافية لموجة جهد تحتوى على أكثر من نبضة عابرة .



شكل (٨-١) أنواع الجهود العابرة

تتكـون الجـهـود الـعابرة التذبذبية مـن القيمة اللحظية للتغير السريع فى اتجـاه واحـد. ويكون لـها تـردد عالى وتنـخفض حـتى تـصل إلى شكل الموجـة الأساسية.

تبـعـاً لمنحـنى (The Computer and Business Equipment Manufactures Association) (CBEMA) فإن الجـهـود العـابـرة الأكـبـر من ١٠٠٪ من الجهد، عادة ما تسبب مشاكل.



شكل (٨-٢) لقطة فوتوغرافية تحتوى على اكثر من نبضة جهد عابر

تعريفات

الجهود والتيارات العابرة

Current and Voltage Transients

(1) Transient is a momentary change in the voltage or current over a short time. This short time interval is less than 1 cycle, or 16 milliseconds (for 60 Hz), or 20 milliseconds (for 50 Hz).

هى التغير الخاطف فى موجة التيار أو الجهد لفترة زمنية قصيرة. هذه الفترة تكون أقل من دورة واحدة، أو ١٦ مللى ثانية (للتردد ٦٠ هرتز) أو ٢٠ مللى ثانية (للتردد ٥٠ هرتز).

---

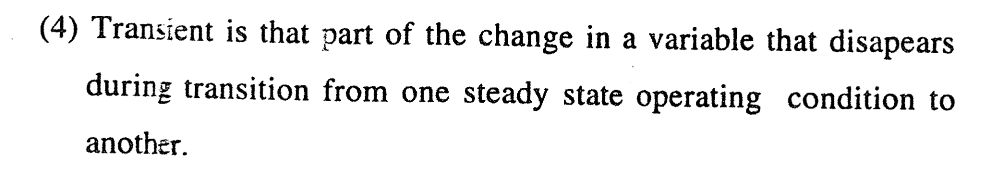
(2) Transients are sudden but significant deviations from normal voltage or current level. Transient last from 200 millionths of second to half a second.

هى الانحراف المفاجئ والمحدد عن مستوى التيار والجهد الاسمى . وتستمر من ٢٠٠ من المليون من الثانية حتى نصف ثانية.

---

(3) Transients are high voltage, high current, fast bursts of energy riding on the 60 Hz sinewave, A transient is a nonrepetitive electrical event.

هى الجهود العالية أو التيارات العالية أو الاندفاع السريع للطاقة على الموجة الجيبية ٦٠ هرتز. وتعتبر حدث كهربى غير متكرر.



(4) Transient is that part of the change in a variable that disapears during transition from one steady state operating condition to another.

هى الجزء المتغير والمختفى خلال النقل من حالة التشغيل المستقرة إلى حالة أخرى.

---

(5) Voltage Transient. A subcycle disturbance in the AC waveform that is evidenced by a sharp brief discontinuity of the waveform. Transients may be of either polarity and may be of additive or subtractive energy to the normal waveform. (ANSI std IEEE 1100 - 1992).

الجهد العابر هو اضطراب لمدة أقل من دورة فى موجة التيار المتردد ويشار له بانحدار قصير المدى غير مستمر بالموجة. يمكن حدوثه فى أى من القطبين (نصفى الموجة) ويمكن أن يكون إما طاقة مضافة أو محزوفة من الموجة العادية.

---

(6) Impulsive Transient is a sudden, non-power frequency change in the steady state condition of voltage, current, or both, that is unidirectional in polarity (primarily either positive or negative).

النبضة العابرة هى التغير المفاجئ، ليس فى تردد المصدر، فى حالة استقرار الجهد أو التيار أو الاثنين معاً فى اتجاه قطبى واحد (إما فى اتجاه القطبية الموجبة أو السالبة).

---

(7) Impulsive Transient is a sudden and short duration disturbance by a very rapid change in the steady-state condition of voltage or current, or both, that is unidirectional in polarity Duration is 30 - 200 μ sec.

النبضة العابرة هى الاضطراب المفاجئ لفترة قصيرة عن طريق التغير السريع فى حالة الاستقرار للجهد أو التيار أو الاثنين معاً، فى اتجاه قطبى واحد.

---

(8) An Oscillatory Transient, a temporary rapid fluctuation in the steady state condition of voltage, current or both, that includes positive and negative polarity values.

الجهد العابر التذبذبى : هو التقلب السريع المؤقت فى الحالة المستقرة للجهد أو التيار أو الاثنين معاً، والمحتوى على قيم سالبة أو موجبة.

---

(9) Power surges, voltage above 110% of rated RMS voltage for one or more cycles, from heavy electrical equipment's being turned off.

القدرة العارمة، هى زيادة الجهد أعلى من ١١٠٪ من جذر متوسط مربعات الجهد لمدة دورة أو أكثر نتيجة فصل معدات كهربائية كبيرة.

---

(10) High voltage spikes, high voltage transients, rapid voltage peak up to 6000 volts with duration of 100 ms to $^1/_2$ cycle, from lightning strikes, arcing from static discharge.

الجهود العالية الإبرية، الجهود العالية العابرة عبارة عن جهد سريع ذروته حتى ٦٠٠٠ ڤولت لفترة ١٠٠ مللى ثانية وحتى ١/٢ دورة وتنتج من شرارة الصواعق، والقوس الناتج من التفريغ الاستاتيكى.

أنواع الجهود العابرة:

١ - النبضة العابرة Impulse transient

من الخصائص الأساسية للنبضة العابرة :

زمن الارتفاع (rise time) وزمن الاضمحلال (decay time) . فمثلاً النبضة العابرة : "1.2 x 50 - μ sec 2000 - v"

تعنى ارتفاع النبضة العابرة من الصفر إلى قيمة الذروة ٢٠٠٠ ڤولت فى ١,٢ ميكروثانية ثم تضمحل فى زمن ٥٠ ميكروثانية.

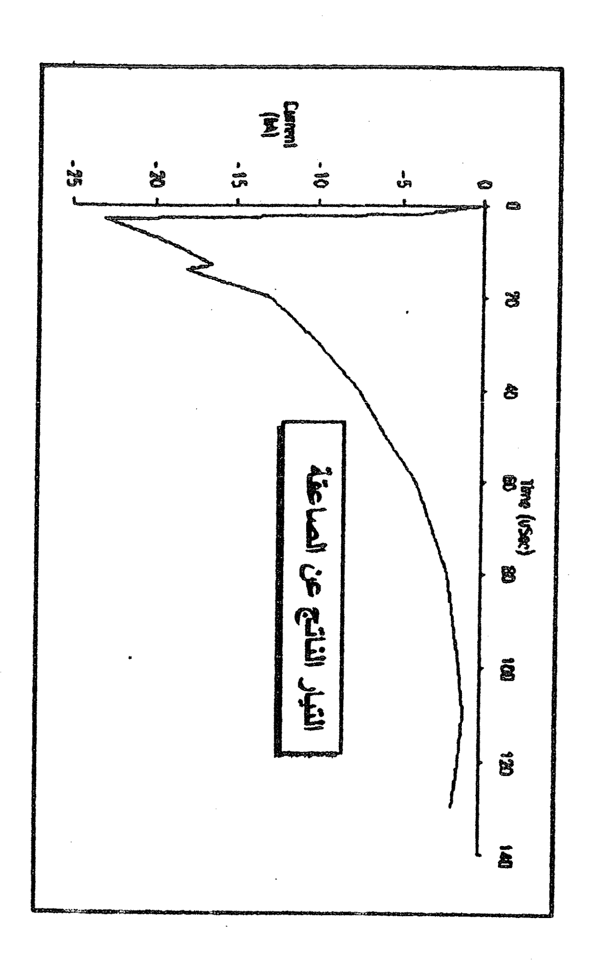
يبين جدول (٨ – ١) تصنيف النبضات العابرة من حيث زمن الارتفاع.

تعتبر الصواعق (lightning) من أكثر الأسباب الشائعة المسببة للنبضات العابرة.

يوضح شكل (٨ – ٣) نبضة عابرة بموجة التيار والناتجة عن حدوث صاعقة.

نتيجة ظهور الترددات العالية، فإن شكل النبضات العابرة يمكن أن يتغير بسرعة عن طريق مكونات الدوائر والتى يمكن أن يكون لها خصائص مختلفة مميزة عندما ينظر لها من خلال الأجزاء المختلفة للشبكة. يمكن أن تؤدى النبضات العابرة إلى إثارة التردد الطبيعى للشبكات الكهربائية وتنتج جهود عابرة تذبذبية.

وعادة تؤدى النبضات العابرة إلى :



شكل (٨-٣) نبضة عابرة بموجة التيار والناتجة عن حدوث صاعقة .

- إنهيار المحولات.
- إنهيار مانعات الصواعق.
- أعطال بمعدات المستهلكين نتيجة انتقال الجهود العابرة إلى الجهد المنخفض.

٢ - الجهد العابر التذبذبي Oscillatory Transient:

يتكون العابر التذبذبى من الجهد أو التيار ذات القيمة اللحظية والتى تتغير قطبيتها بسرعة. ويوصف هذا بواسطة : محتوى الطيف (أى التردد الغالب) ، والزمن، والقيمة. يصنف محتوى الطيف إلى تردد عالى ومتوسط ومنخفض.

يوضح جدول (٨ – ١) محتوى الطيف للجهد العابر التذبذبى

جدول (٨ - ١)

خصائص النبضات العابرة والجهد العابر التذبذبي

التصنيف	محتوى الطيف النموذجى	الزمن النموذجى	قيمة الجهد النموذجى
النبضات العابرة			
* نانو ثانية	5 ns	زمن الارتفاع = < 50 ns	
* ميكرو ثانية	1 µs	زمن الارتفاع = 50 ns-1ms	
* ميللى ثانية	0.1 ms	زمن الارتفاع = > 1 ms	
العابر التذبذبى			
* تردد منخفض	< 5 KHz	0.3 - 50 ms	0 - 4 pu
* تردد متوسط	5 - 500 KHz	20 µs	0 - 8 pu
* تردد عالى	0.5 - 5 MHz	5 µs	0 - 4 pu

يوضح شكل (٨ – ٤) التيارات العابرة التذبذبية الناتجة عن إمداد المكثفات بالطاقة بطريقة التضاد (back - to - back) ويلاحظ احتوائها على تردد حوالى عشرات من الكيلوهرتز.

عند تشغيل الكابلات تنتج جهود عابرة تذبذبية فى نفس مدى التردد. يمكن أيضاً أن تنتج فى المدى المتوسط عند استجابة النظام الكهربى للنبضات العابرة.

عند إمداد المكثفات بالطاقة تنتج جهود عابرة تذبذبية عند التردد المنخفض بين ٣٠٠ إلى ٩٠٠ هرتز. وتصل قيمة الذروة إلى ٢ وحدة كسرية (pu)، وتكون القيمة النموذجية ١,٣ إلى ١,٥ وحدة كسرية (pu) ولفترة بين ٠,٥ إلى ٣ دورات اعتماداً على إخماد النظام (damping).

يوضح شكل (٨ – ٥) موجة تحتوى على موجة عابرة تذبذبية عند تردد منخفض ناتجة عن إمداد الطاقة للوحة مكثفات.

تتعرض شبكات التوزيع أيضاً لجهود عابرة تذبذبية عند ترددات أقل من ٣٠٠ هرتز والتى تنتج عند إمداد الطاقة للمحولات غير المحملة نتيجة ظاهرة الرنين الحديدى (Ferroresonance) والممثلة فى شكل (٨ – ٦).

وعادة تؤدى الجهود العابرة التذبذبية إلى:

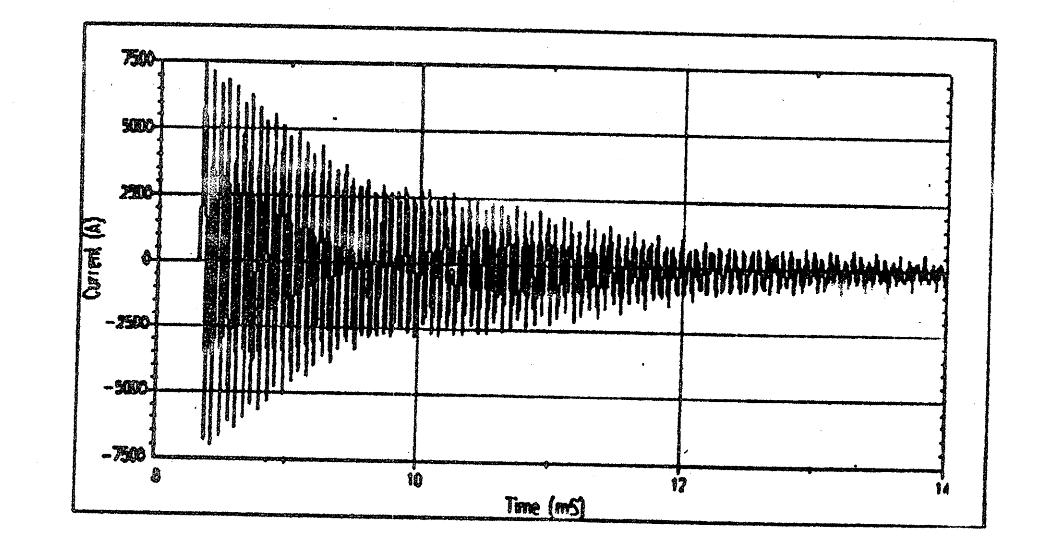
١ - الترددات المنخفضة:

* انفصال مديرات السرعة المتغيرة والأجهزة والمعدات الالكترونية الحساسة الأخرى.

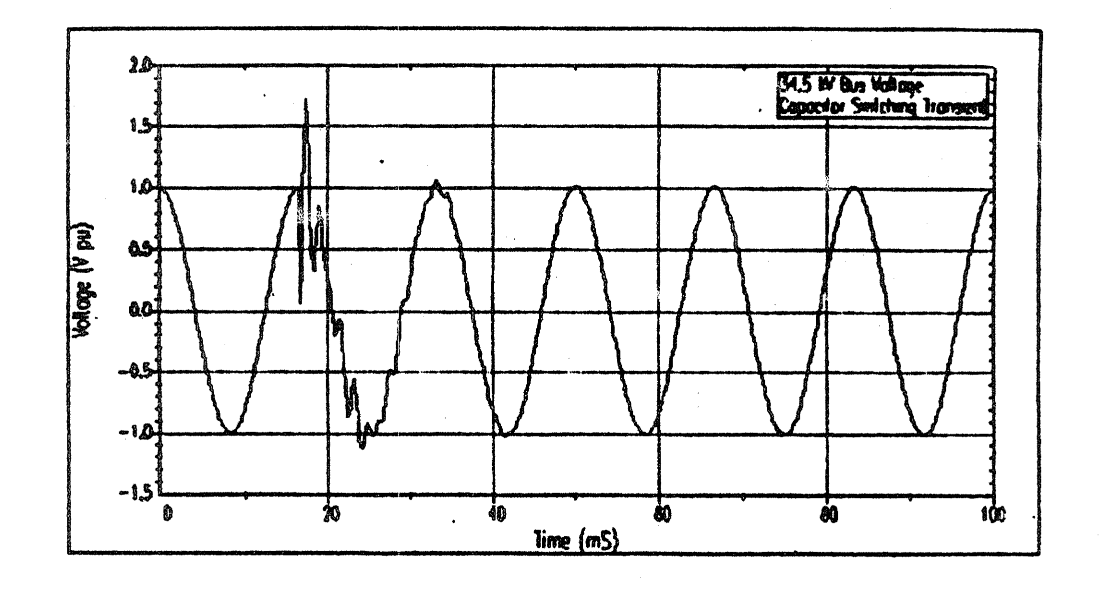
* ارتفاع الجهد عند مكثفات المشترك.

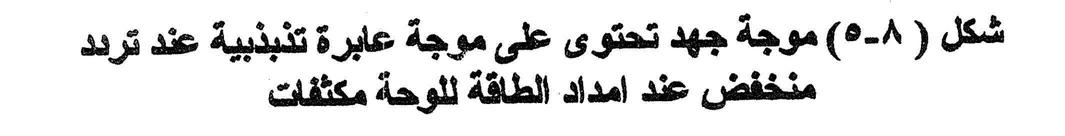
٢ - الترددات المتوسطة:

* انهيار المعدات لدى المشتركين.

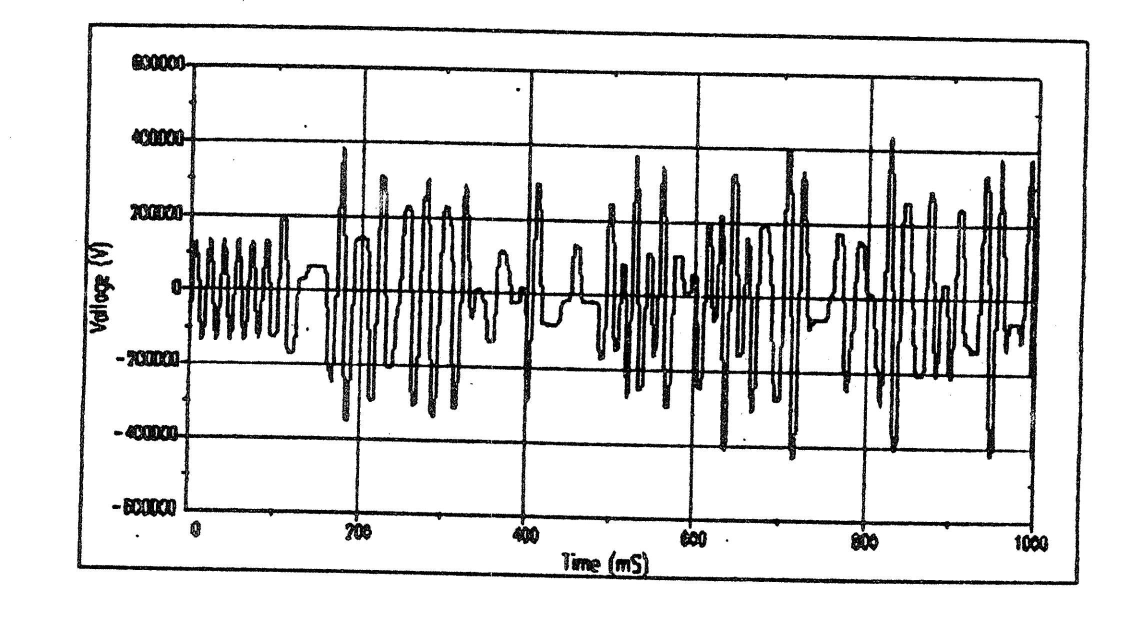


شكل (٨-٤) التيار العابر التذبذبى الناتج عند امداد المكثفات بالطاقة بطريقة التضاد





شكل (٨-٥) موجة جهد تحتوى على موجة عابرة تذبذبية عند تردد منخفض عند امداد الطاقة للوحة مكثفات



شكل (٨-٦) موجة جهد عابرة تذبذبية عند ترددات أقل من ٣٠٠ هرتز نتجت عند امداد الطاقة لمحولات غير محملة

٣ - الترددات العالية:

* التشويش الاشعاعى يسبب انهيار المعدات الالكترونية الحساسة.

* المعدل العالى لارتفاع التذبذب يؤدى إلى انهيار مصادر الجهد المنخفض.

من ملامح تعرض المهمات للجهود العابرة:

– انفصال قاطعات التيار.

– انهيار العناصر المكونة من الحالات الصلبة (solid state).

– إفساد بيانات الميكروبروسيسور.

– التأثير الكبير على تشغيل وعمر المعدات.

– أعطال مديرات السرعة المتغيرة.

– أعطال الحاسبات الشخصية.

– مشاكل بنظم التليفونات.

– أعطال بالتليفزيونات.

أسباب حدوث الجهود والتيارات العابرة:

– شرارات الصواعق lightning strikes.

– الكهرباء الاستاتيكية static electricity.

– تشغيل الدوائر circuit switching.

– تشغيل المكثفات capacitor switching.

مصادر الجهود العابرة:

١ - البيئة:

تعرف الصواعق بأنها تفريغ كهربى فى الهواء بين السحب، أو بين

مركزى شحنة منفصلين فى نفس السحابة، أو بين السحب والأرض. تكون تفريغ الشحنة أكبر بين السحب عنها بين السحب والأرض، وإن كانت غالباً ما تكون كافية للتأثير على المعدات الالكترونية.

تختلف البلدان في التعرض للصواعق والتى تختلف من شهر إلى آخر ومن سنة إلى أخرى.

٣ - الشبكة الداخلية:

أغلب الجهود العابرة، حوالى ٧٠٪ تنتج من الشبكة الداخلية.

هناك ثلاثة أسباب داخلية رئيسية هى:

تشغيل الأجهزة، تفريغ الشحنة الكهروستاتيكية، القوس الكهربى.

عند تشغيل أحمال حاثية كبيرة مثل حوارق الزيت (oil burners) ، مكيفات الهواء (air conditioners)، المحركات الكبيرة تنتج جهود عابرة كبيرة.

يمكن أن تولد الشحنة الكهربائية جهود حتى ١٥ - ٤٠ ك. ف. عند تعرض الحاسب الآلى للشحنات الكهربائية فإنه ينهار بخطورة.

يحدث القوس الكهربى نتيجة التوصيلات الكهربائية غير الجيدة، أو الفرش غير النظيفة بالمحركات القديمة. الجهد الحادث عن القوس الكهربى لايشبه الجهد الناتج عن تفريغ الشحنة الكهربائية.

عند حدوث قوس كهربى، تنتج نبضات جهد ذات تردد عالى تنتشر خلال توصيلات النظام بالمنشأة، يمكن رؤية الشرارة وسماع صوتها أو شم رائحتها عند احتراق العزل.

يعتبر تشغيل مكثفات تحسين معامل القدرة سواء المركبة بالشبكة المغذية أو لدى شبكة المشتركين (جهد منخفض) مصدراً هاماً من مصادر الجهود العابرة . وفيما يلى توضيح ذلك.

أ - تشغيل مكثفات الشبكة:

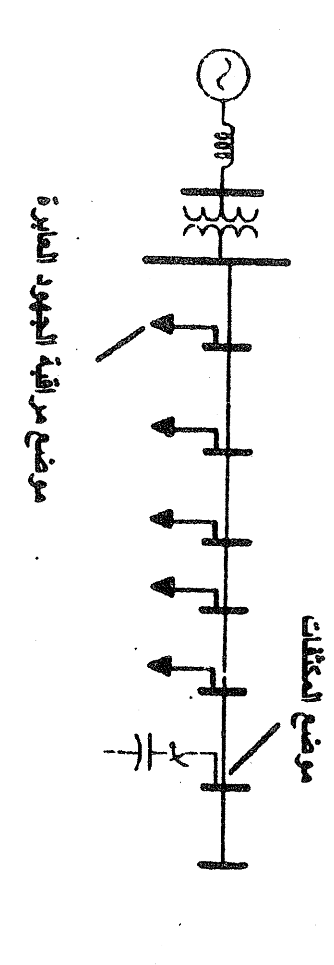
تستخدم المكثفات بالشبكات لتحسين معامل القدرة وتخفيض المفقودات وتحسين جهد الشبكة واستقراره. على الرغم من هذه المميزات إلا أن من عيوبها أنها عند تشغيلها تتسبب فى تولد جهود عابرة تذبذبية نتيجة تواجدها مع محاثة الشبكة. إما أن تكون المكثفات ثابتة (Fixed) أو أن تعمل على مراحل تبعاً لقيمة معامل القدرة أو الحمل أو القدرة غير الفعالة.. وهذه الأخيرة تعرف بمكثفات تشغيل (switched capacitors) وهى تعمل آلياً تبعاً لمتغير كهربى أو أكثر... عند اشتغال هذه المكثفات تسبب حدوث جهود عابرة تؤدى إلى :

- فصل مديرات السرعة المتغيرة (ASD).
- التشغيل الخاطئ للمعدات الالكترونية.

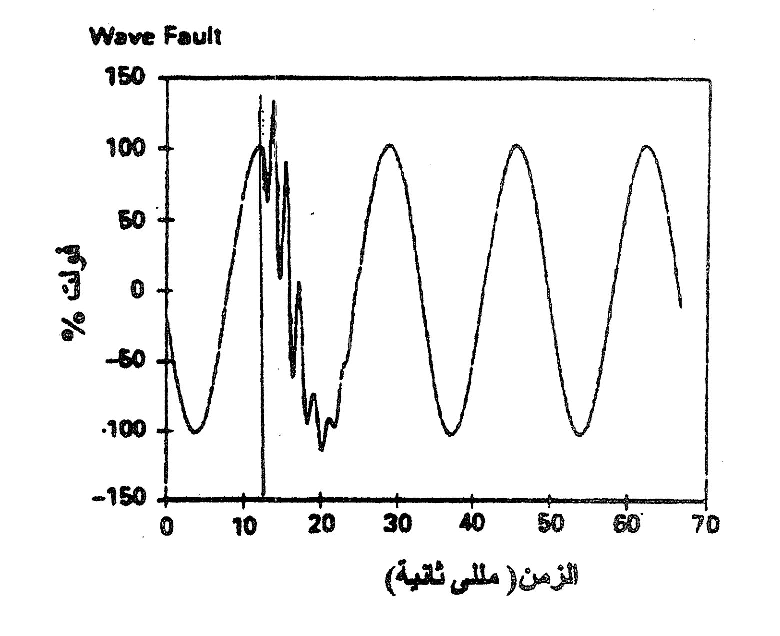
يوضح شكل (٨ – ٧) جزء من شبكة توزيع تحتوى على مكثفات تعمل آليا.

عند اشتغال المكثفات تحدث جهود عابرة مثل الموضحة فى شكل (٨ – ٨) والتى سجلت عند الحمل L_1. فى هذا الشكل نلاحظ أن إغلاق نقط تلامس مفتاح المكثف تحدث بالقرب من ذروة جهد النظام، وهذا يكون شائعاً لأغلب القواطع. ويكون الجهد خلال المكثف عند هذه اللحظة مساوياً للصفر. وحيث أن التغير لايكون لحظياً، فإن جهد النظام عند موضع المكثف سوف ينخفض إلى الصفر ثم يرتفع عندما يبدأ المكثف فى الشحن لقيمة جهد النظام. وهذا ما يحدث للمكثفات الموجودة فى شبكة حاثية، حيث يرتفع جهد المكثف ويدور حول التردد الطبيعى للشبكة.

اعتماداً على إخماد الشبكة فإن الجهد العابر الحادث يتراوح بين ١ إلى ٢ وحدة كسرية (pu). عموماً تولد مكثفات الشبكة الكهربائية جهود عابرة تتراوح بين ١,٣ إلى ١,٤ وحدة كسرية (pu) يمكن أن تنتقل هذه الجهود العابرة إلى



شكل (٨-٧) رسم خطي يوضح موضع المكثف ومكان مراقبة الجهود العابرة



شكل (٨-٨) تسجيل موجة الجهد العابرة عند موضع التسجيل المذكور في شكل (٨-٧) حيث وصل الجهد الى ١٣٤%

المشتركين من خلال محولات التوزيع وتعتمد قيمة هذه الجهود على نسبة تحويل المحولات.

عند تشغيل المكثفات المتصلة على شكل نجمة مؤرضة (grounded - wye) فيمكن أن تنتج جهود عابرة غير عادية عند الأرضى الموضعى للشبكة نتيجة التيار العارم (current surge) المصاحب لإمداد المكثف بالطاقة. يوضح شكل (٨ – ٩) تيار المغذى المصاحب لتشغيل المكثفات ويلاحظ أن التيارات العابرة تصل إلى أربعة أمثال تيار الحمل.

ب - تكبير الجهود العابرة الناتجة من تشغيل المكثفات:

من الشائع استخدام مكثفات لتحسين معامل القدرة لدى المشتركين (الجهد المنخفض)، كما فى شكل (٨ – ١٠) . عند تشغيل مكثفات الشبكة، وفى وجود مكثفات الجهد المنخفض، فإنه يحتمل أن تكبر الجهود العابرة وتصل إلى من ٣ إلى ٤ وحدة كسرية (pu) ، اعتماداً على موضع المكثفات ومدى محول التوزيع وسعة المكثفات.

٣ - الشبكة الخارجية:

تعتبر الصواعق أحد أسباب انقطاعات التغذية مثل تعرض خطوط القوى للجهود العابرة فى أمريكا، حيث تسبب الصواعق :

$\frac{١}{٤}$ انقطاعات خطوط جهد ٢٣٠ ك. ف.

$\frac{٢}{٣}$ انقطاعات خطوط جهد ٣٤٥ ك. ف.

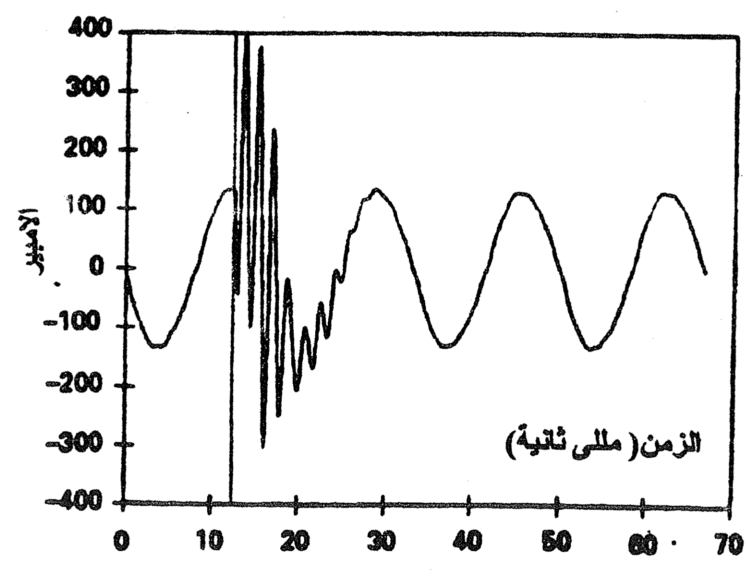
$\frac{١}{٢}$ انقطاعات خطوط جهد ٣٣ ك. ف.

التيارات العابرة المصاحبة للصواعق تخلق الجهود العابرة من خلال معاوقة شبكة التوزيع. وهذا يعنى أن تأثير الصواعق ينقل إلى الأجزاء البعيدة من الشبكة.

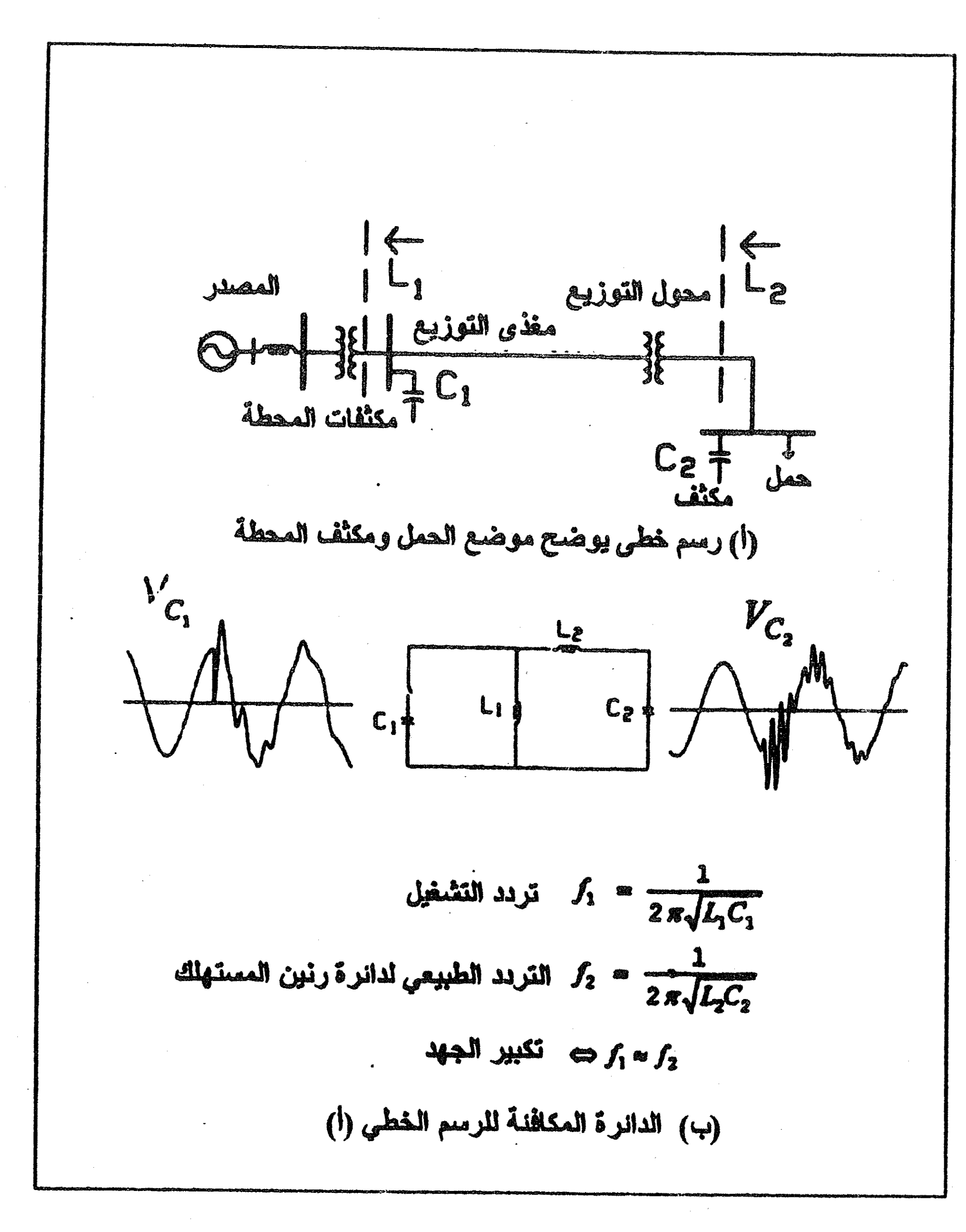
يمكن أيضاً أن تسبب الصواعق جهود على خطوط القوى بدون أى ارتطام بينهم. وتتولد مجالات كهربائية كبيرة خلال التفريغ وبتداخلها مع الشبكة تخلق جهود عابرة. يمكن أن يتولد ٧٠ ڤولت / متر مجال كهربى، عند تفريغ الشحنة بين سحابة إلى سحابة. خلال $\frac{١}{٢}$ ميل خط نقل طولى هذا الجهد يساوى ٥٦٠٠٠ ڤولت عابر.

تصمم أبراج النقل ومكونات شبكة التوزيع عند أقل جهود عابرة مولدة من الصواعق. أثناء عمليات التشغيل العادى للشبكات تنتج جهود عابرة، من أمثلة هذه العمليات : تشغيل الأحمال، الفصل والتوصيل على حمل، تشغيل لوحات المكثفات، إعادة تشغيل نقط تقسيم (Tap) للمحولات.

من مصادر الجهود العابرة أيضاً التوصيلات غير الجيدة بشبكات التوزيع. والتى يمكن أن تنتج عند التعرض للرياح الشديدة. فمثلاً يمكن سقوط أحد الخطوط على خط آخر أو سقوط جزء من الشجرة على الخطوط ... كل هذا يؤدى إلى صدور صوت زنة أو حدوث شرارة نتيجة قوس كهربى أو شم رائحة دخان من العازل حول القوس الكهربى.



شكل (٨ - ٩) موجة التيارات العابرة المصاحبة لتشغيل المكثفات



تردد التشغيل $f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1C_1}}$

التردد الطبيعي لدائرة رنين المستهلك $f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_2}}$

تكبير الجهد $\Leftrightarrow f_1 \approx f_2$

(ب) الدائرة المكافئة للرسم الخطي (أ)

شكل (٨-١٠) تمثيل حالة تكبير الجهد نتيجة تشغيل مكثف المحطة

تأثير الجهود العابرة علي المعدات الكهربائية:

١ - المعدات الالكترونية Electronic equipment

عند تعرض المعدات الالكترونية للجهود العابرة عندئذ تحدث بعض الأشياء. منها انهيار المعدات، وتحريف أو تشوه البيانات على الشاشة، أو غلق النظام.

من الأشياء الأخرى انخفاض رتبة (degradation) عزل المعدة. إذا تواجدت الجهود العابرة بثبات (مثلاً تحدث كل الوقت)، عندئذ فإن مكونات النظام مثل موحدات مصدر التغذية أو الشرائح المتكاملة تتعرض للانهيار أو التشوه. هذا يعنى أنه إن لم تتأثر المكونات اليوم فإنها سوف تتأثر غداً أو بعد أسبوع أو ...

أيضاً يمكن أن تتعرض المكونات للتدمير أو الاهلاك، حيث تبدأ المكونات بانبعاث دخان منها أو صدور تشويش ثم تدمر.

٢ - المحركات Motors:

تؤثر الجهود العابرة فى المحركات بطريقتين : أولاً، إذا كان التحكم فى المحركات الكترونياً فإنها تكون حساسة للنبضات. ثانياً : من الشائع أن تتأثر ملفات المحركات التقليدية بالنبضات، فكل مرة ترتطم ملفات العضو الثابت بالنبضات فإن الملفات تمتص طاقة النبضة. اعتماداً على كمية الطاقة الموجودة، فإن عزل الملفات أما تنخفض رتبته أو ينهار. وعند إنهيار العزل فإن المحرك نفسه ينهار أو يهلك.

٣ - الإضاءة Lighting:

فى نظم الإضاءة المتوهجة، عندما تتعرض اللمبات للجهود العابرة فإن السلك الرقيق (filament) ينهار، ويمكن ببساطة أن تنفجر اللمبة.

فى نظم الإضاءة بلفلورسنت، يوجد تأثيرين للجهود العابرة. أولاً : يمكن أن ينهار كابح التيار (ballast) نتيجة عطل المكونات الداخلية. ثانياً : إذا كانت

النبضات بطيئة بدرجة كافية لتزيد قيمتها بالمكون الداخلى لمحول الكابح (والتى يمكن أن تكون مكوناته عاطلة) فإن ذروة الجهد تؤدى إلى إنهيار أنبوبة الفلورسنت. فى هذه الحالة نلاحظ حدوث توهج لحظى فى الأنبوبة يتبعه إنهيار اللمبة.

٤ - معدات التوزيع Distribution equipment:

تكون مشاكل النبضات بمعدات التوزيع عبارة عن :

تمزق (disruption) ، انخفاض الرتبة (degradation) ، الإهلاك (destruction) . يمكن أن تؤدى النبضات إلى حدوث قوس بالمقبس، والذى يقطع مصدر التغذية لحظياً.

إذا تكرر حدوث النبضات فإن كل من التوصيلات والمصهرات والقواطع وملفات المحولات والكابلات تنخفض رتبة عزلها خلال فترة من الزمن حتى الوصول إلى حالة الانهيار.

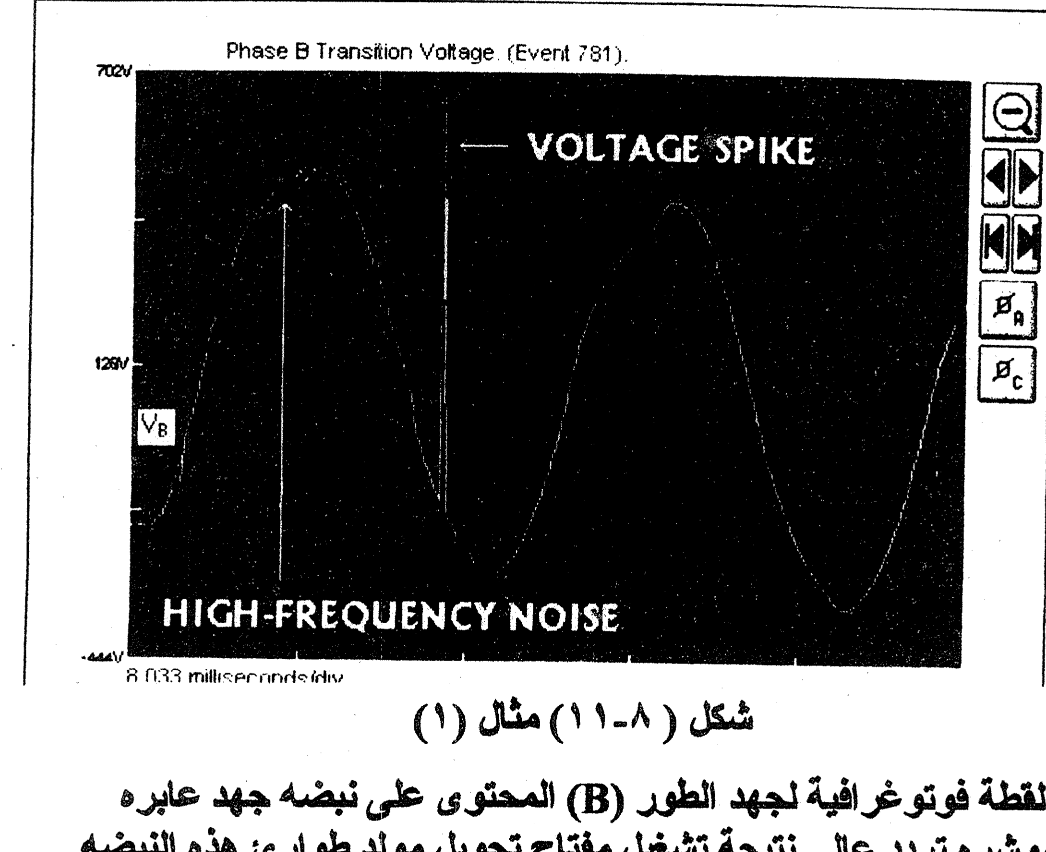
أخيراً، أى نبضة، إذا كانت كبيرة بدرجة كافية، تسبب انهيار جزء من الشبكة خاصة ملفات المحولات.

أمثلة:

يوضح شكل (٨ – ١١) مثال (١) يبين لقطة فوتوغرافية لنبضة عابرة.

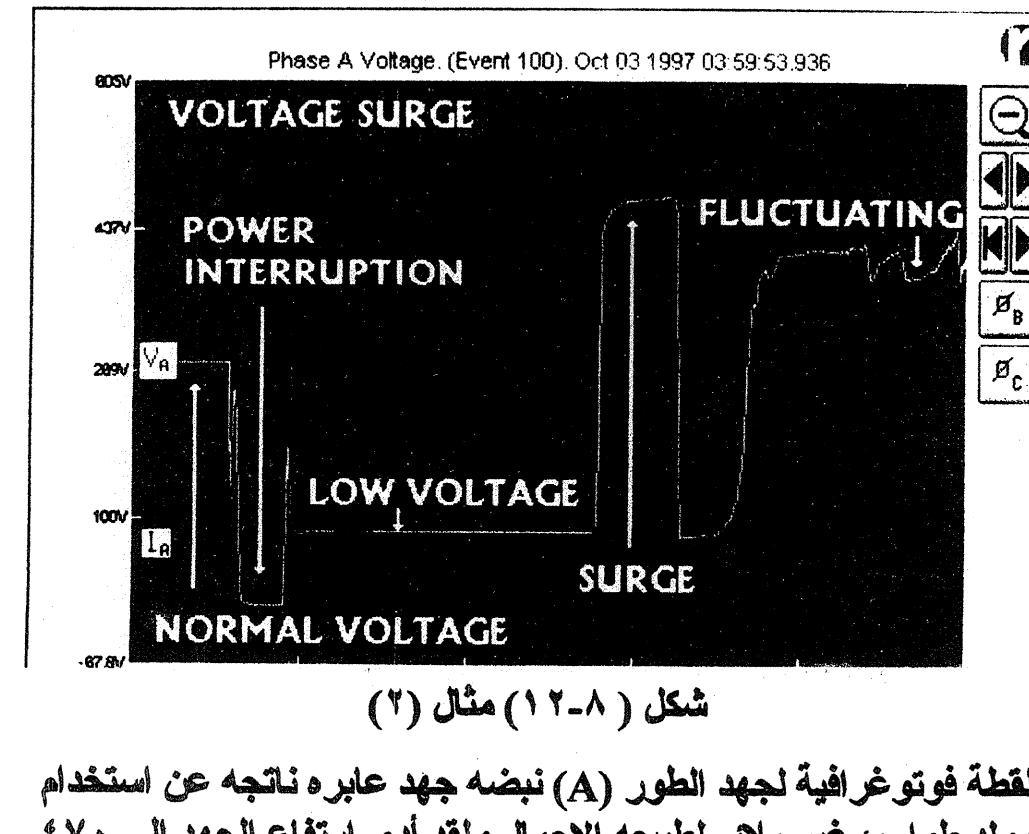
يوضح شكل (٨ – ١٢) مثال (٢) يبين لقطة فوتوغرافية لنبضة جهد عابرة.

يوضح شكل (٨ – ١٣) مثال (٣) يبين لقطة فوتوغرافية لنبضات تيارات عابرة.



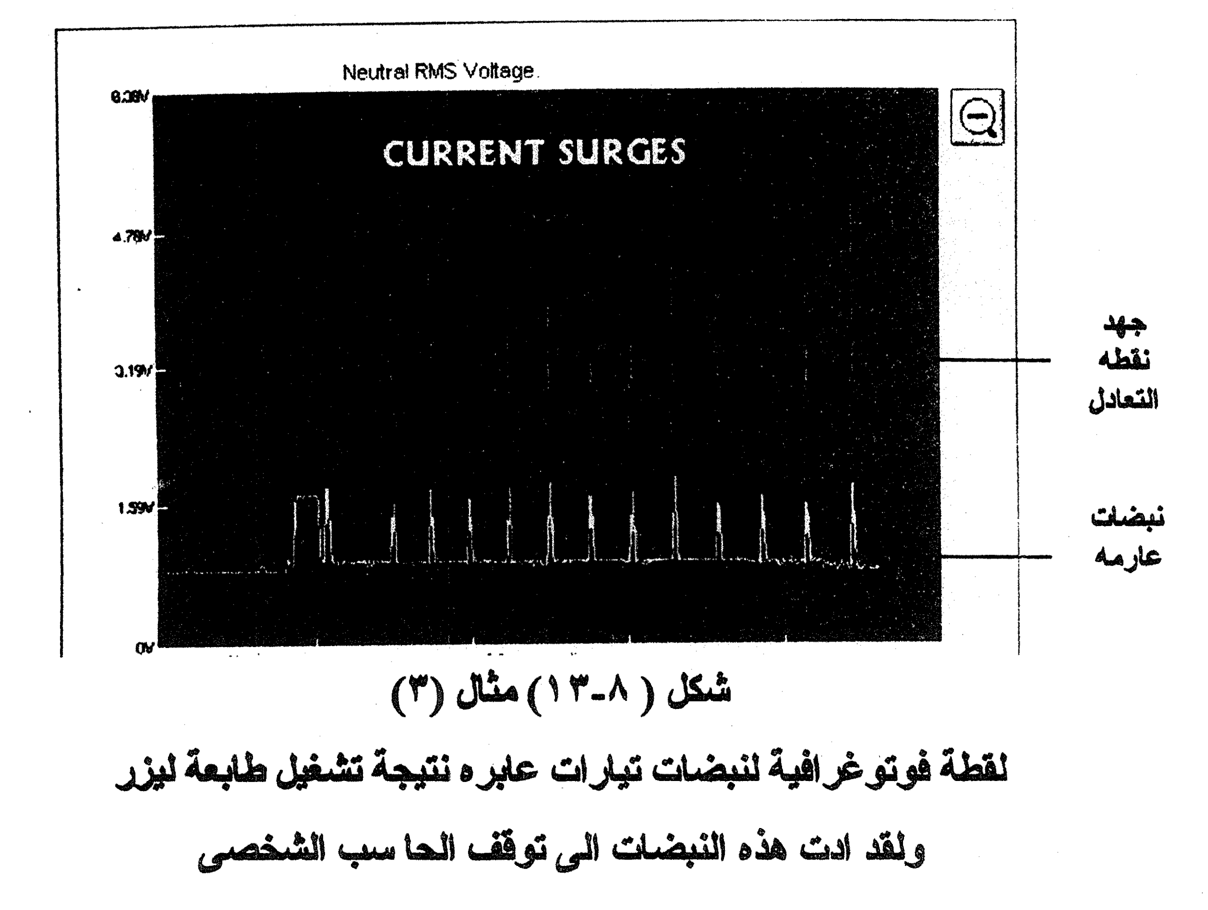
شكل (٨-١١) مثال (١)

لقطة فوتوغرافية لجهد الطور (B) المحتوى على نبضه جهد عابره وشوشره تردد عالى نتيجة تشغيل مفتاح تحويل مولد طوارئ هذه النبضه العابره ادت الى انهيار بالحا سب الشخصى وايقاف بعض الاجهزه الالكترونية



شكل (٨-١٢) مثال (٢)

لقطة فوتوغرافية لجهد الطور (A) نبضه جهد عابره ناتجه عن استخدام مولد طوارئ غير ملائم لطبيعه الاحمال ولقد أدى ارتفاع الجهد الى ٤٧٠ فولت(بينما كان الجهد العادى ٢٧٧ فولت) الى حدوث حريق بالدوائر الالكترونية .



شكل (٨-١٣) مثال (٣)

لقطة فوتوغرافية لنبضات تيارات عابره نتيجة تشغيل طابعة ليزر

ولقد ادت هذه النبضات الى توقف الحا سب الشخصى

الباب التاسع
الانقطاعات
Interruptions / Outages

مقدمة:

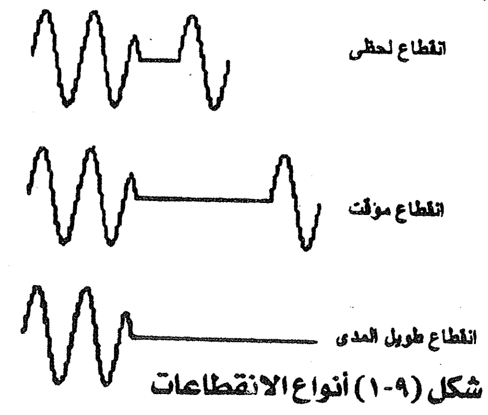
أصبح الآن استخدام تعبير الانقطاعات (interruptions) هو الأكثر شيوعاً عن كلمة (Outages) واستخدمت أيضاً كلمة (Blackouts) فى كثير من الأبحاث.

عرفت المواصفات القياسية الأمريكية 1992 - 1100 IEEE الانقطاع بأنه «الضياع الكامل للجهد لفترة زمنية»، لفهم ما المقصود بالفترة الزمنية يجب معرفة أنه توجد ثلاثة أنواع للانقطاعات تبعاً للزمن وهى:

- الانقطاع اللحظى (Momentary interruption)
- الانقطاع المؤقت (Temporary interruption)
- الانقطاع المستدام (Sustained interruption)

أو الانقطاع طويل الأمد (Long-term outage)

يوضح شكل (٩ – ١) موجات توضح أنواع هذه الانقطاعات.



شكل (٩-١) أنواع الانقطاعات

تعريفات

الانقطاعات

(1) Outage (interruption). The complete loss of voltage for a time period (IEEE 1100 - 1992) .

الانقطاع هو الضياع الكامل للجهد لفترة زمنية (طبقاً للمواصفات القياسية العالمية (IEEE 1100 - 1992) .

---

(2) Outage - the total loss of AC power for typically greater than one minuite and typically 15 minutes to a few hours.

الانقطاع هو الضياع الكلى للقدرة AC لزمن أكبر من دقيقة واحدة. نموذجياً من ١٥ دقيقة وحتى عدد قليل من الساعات..

---

(3) Sustained Interruptions, when the supply voltage has been zero for a period of time in excess of 1 minute.

تحدث الانقطاعات المستدامة عند وصول جهد المصدر إلى الصفر لمدة زمنية تزيد عن دقيقة واحدة.

---

(4) Long-term outage : planned or accidental total loss of power in a localized area of community, for over 2 minute.

الانقطاع طويل المدى هو الفقد الكلى للقدرة المخطط له أو بحادثه فى منطقة محددة محلية لمدة أطول من ٢ دقيقة..

---

(5) Blackout : Total loss of commercial power.

الإظلام : الضياع الكلى للتغذية التجارية.

- -

(6) Momentary power interruption - the total loss of AC power for typically a few seconds to as long as one minute.

الانقطاع اللحظى هو الضياع الكلى للقدرة AC لزمن عدة ثوانى وحتى دقيقة واحدة.

- -

(7) Interruption occurs when the supply voltage or load current decrease to less than 0.1 pu for a period of time not exceeding 1 minute.

يحدث الانقطاع عند انخفاض جهد المصدر أو تيار الحمل إلى أقل من ٠,١ وحدة كسرية لمدة لاتزيد عن دقيقة واحدة.

- -

أنواع الانقطاعات

كما ذكر سابقاً فإن الانقطاعات تصنف إلى انقطاع لحظى وانقطاع مؤقت وانقطاع طويل الأمد.

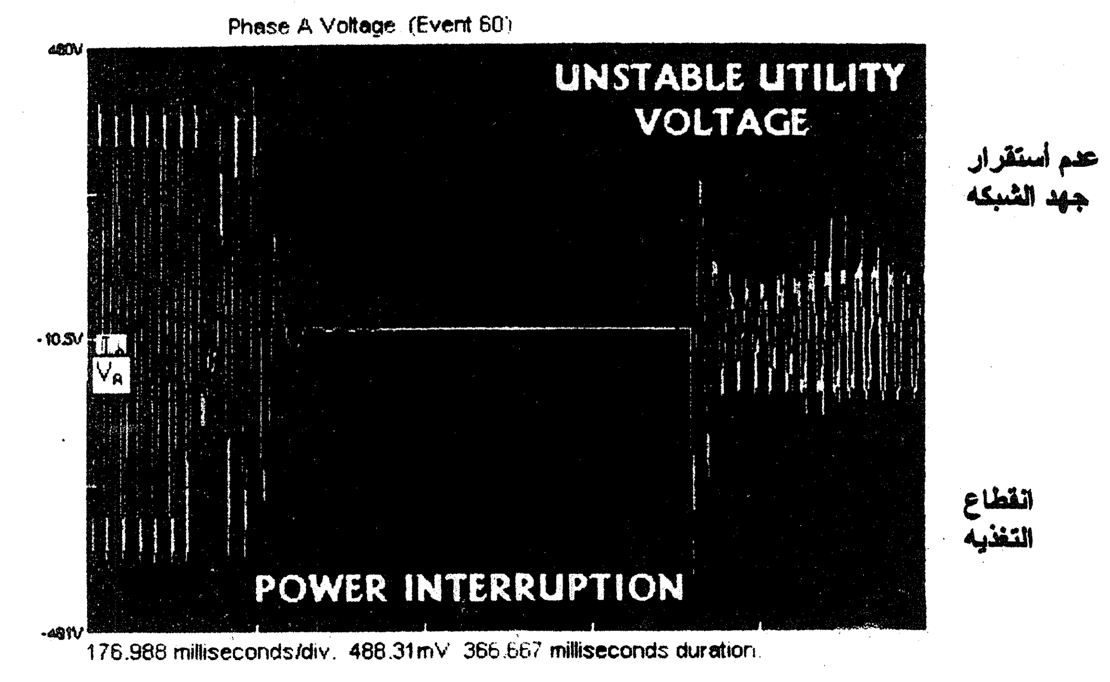
ويبين جدول (٩ – ١) مقارنة بين أنواع هذه الانقطاعات.

ويوضح شكل (٩ – ٢) لقطة فوتوغرافية لانقطاع جهد لحظى (فترة الانقطاع حوالى ٣٦٦ مللى ثانية وقيمة الجهد ٤٨٨ مللى ڤولت) والذى تسبب فى حدوث أعطال بالحاسبات الشخصية، وفقدت البيانات به وتعطلت الخدمات المقدمة من خلال الحاسبات.

جدول (٩ - ١)

مقارنة بين أنواع الانقطاعات

نوع الانقطاع	زمن الانقطاع	السبب	التأثير
الانقطاع المؤقت	٢ ثانية : ٢ دقيقة	- انهيار المعدات - حالة الجو - الحيوانات - أخطاء الأشخاص	انفصال النظام
الانقطاع اللحظى	مللى ثانية : ٢ ثانية	تشغيل المفاتيح لمحاولة عزل المشاكل الكهربائية مع الحفاظ على وجود الكهرباء فى بعض المواقع.	- انفصال المعدات - ضياع البرامج - انهيار قرص الإدارة
الانقطاع طويل المدى (المستدام)	أكثر من ٢ دقيقة	- انهيار المعدات - حالة الجو - الحيوانات - أخطاء الأشخاص.	انفصال النظام



شكل (٩-٢) لقطة فوتوغرافية لانقطاع جهد الطور A نتيجه حدوث قصر بشبكه التغذ يه

عموماً فإن الاختلاف بين أنواع الانقطاعات تعتمد على فترة استمرار الانقطاع والتى تتضح كالآتى:

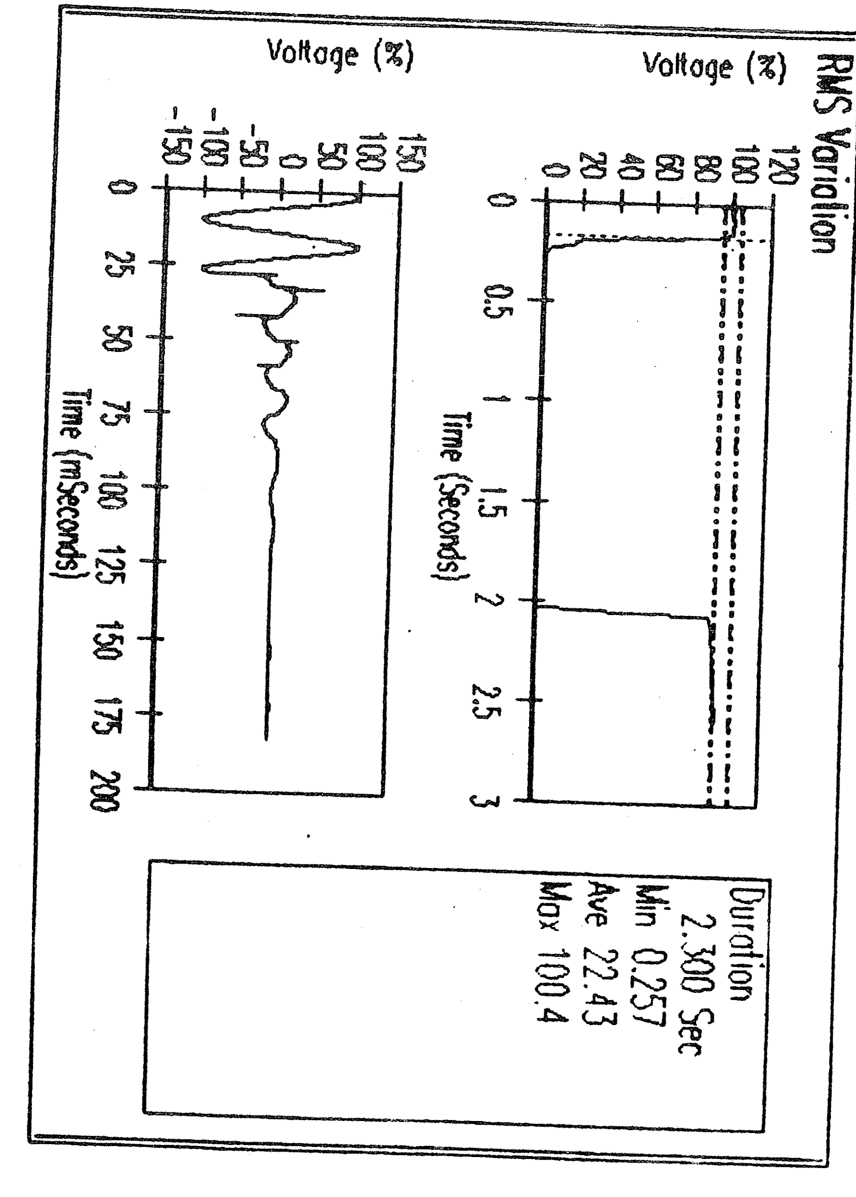
- يحدث الانقطاع اللحظى عند انقطاع التغذية ولكن تعود التغذية الكهربائية آلياً فى أقل من ٢ ثانية.
- يحدث الانقطاع المؤقت عند انقطاع التغذية لمدة أكثر من ٢ ثانية ولكن تعود التغذية الكهربائية آلياً فى فترة أقل من ٢ دقيقة.
- يستمر الانقطاع طويل الأمد أكثر من ٢ دقيقة وربما يحتاج إلى عمل خارجى بالموقع لإعادة التغذية الكهربائية.

أحياناً فى بعض حالات الانقطاع اللحظى لايعرف أو لايحدد سبب الانقطاع وعليه فإن هذه الانقطاعات يمكن أن تستمر وقت أطول يكون كافياً لقفل الحاسبات وأيضاً يؤدى إلى أعطال فى تشغيل المعدات الالكترونية الحساسة.

وعلى ذلك نلاحظ أن الانقطاعات تقاس بفترة استمرار الانقطاع تحصل على فترة الانقطاع الراجعة إلى عطل بشبكة التغذية بواسطة زمن تشغيل معدات الوقاية لمصدر التغذية.

تحد مفاتيح إعادة التوصيل (reclosing) الانقطاعات الحادثة من الأعطال غير الدائمة إلى أقل من ٣٠ دورة. وتسبب معدات الحماية ذات إعادة التوصيل بزمن متأخر انقطاعات لحظية أو مؤقتة. وتكون فترة الانقطاع الناتجة من التشغيل الخاطئ للأجهزة أو التوصيلات غير الجيدة غير منتظمة.

أحياناً بعض الانقطاعات تكون مسبوقة بحدوث انحدار فى الجهد عندما تكون هذه الانقطاعات نتيجة أعطال على مصدر التغذية. حيث يحدث انحدار الجهد بين زمن بداية العطل واشتغال أجهزة الوقاية. شكل (٩ – ٣) يوضح انقطاع لحظى مسبوقاً بانحدار جهد حوالى ٢٠ ٪ لمدة حوالى ٣ دورات يتبعه هبوط فى الجهد إلى الصفر لمدة ١,٨ ثانية حتى يقفل مرة أخرى مفتاح إعادة التوصيل.



شكل (٩-٣) انقطاع لحظي مسبوقا بانحدار جهد

تأثير الانقطاعات علي المكونات الكهربائية:

١ - المكونات الالكترونية:

للمعدات الالكترونية غير المحتوية على مصدر تغذية بديل مثل UPS فإنها سوف تغلق خلال الانقطاعات المؤقتة أو طويلة المدى. على الرغم من أن الأجهزة الالكترونية نفسها لايحدث لها إنهيار نتيجة الانقطاعات، إلا أن كل العمليات، البرامج، المنتج ... سوف تتوقف أثناء فترة الانقطاع. عندئذ يمكن تصور أن المفقودات ستصل إلى عشرات الآلاف من الدولارات.

من الأهمية معرفة أن الانقطاعات أحياناً تكون مصحوبة بجهود عابرة. لذا يؤخذ فى الاعتبار تعريف وتحديد الاضطراب الحادث وأى أنواع الوقاية اللازمة.

اعتماداً على فترة الانقطاع، يمكن أن تتأثر أو لا تتأثر الأجهزة الالكترونية بالانقطاعات اللحظية. إذا كان الاضطراب سريع بالكفاية، فإن دائرة مصدر التغذية سوف تجتاز هذا الانقطاع بدون توقف. بزيادة فترة الانقطاع فإن دائرة مصدر التغذية للجهاز تتعرض لعدم انتظام جهد التيار المستمر (DC). مما يؤدى إلى أخطاء فى البيانات، واحتمال توقف المعدة الالكترونية.

إذا استمر الانقطاع اللحظى لفترة أطول، فإن دائرة مصدر التغذية للجهاز لن تتمكن من تغذية الحمل طويلاً، ثم تقفل. عند استعادة الجهد بسرعة فإن الجهاز يعود للاشتغال وتتعرض بعض مكوناته للانهيار.

٢ - المحركات:

للمحركات قصور ذاتى ميكانيكى (mechanical inertia) كافى لاجتياز الانقطاعات اللحظية. وعلى ذلك فإن لها حساسية لضياع مصدر التغذية لفترة أطول.

تؤدى الانقطاعات المؤقتة إلى تغيرات فى العزم (torque) ، والسرعة أو الانزلاق (speed or slip) . للمحركات التى تحتاج تحكم فى السرعة مستقر، فإن هذا التغير فى العزم يؤدى إلى مشاكل فى التشغيل. إذا استمر الانقطاع لفترة أطول، فإن المحرك سيبطئ حتى الموضع الذى عنده سيرجع الجهد. هذا يقود إلى مشاكل واحتمال إنهيار المحرك.

أغلب المحركات تتوقف عند الانقطاعات طويلة المدى ولايحدث لها أعطال ولكن تحدث المشاكل نتيجة توقف العمل ومفقودات الإنتاج.

نتيجة هذه الانقطاعات فإنه يفضل إضافة قاطع تيار (breaker) وأجهزة وقاية مع المحرك لحمايته أثناء الانقطاعات، وذلك لمساعدة ومساندة المحرك ضد الانهيارات عند تعرضه للانقطاعات.

٣ - الإضاءة:

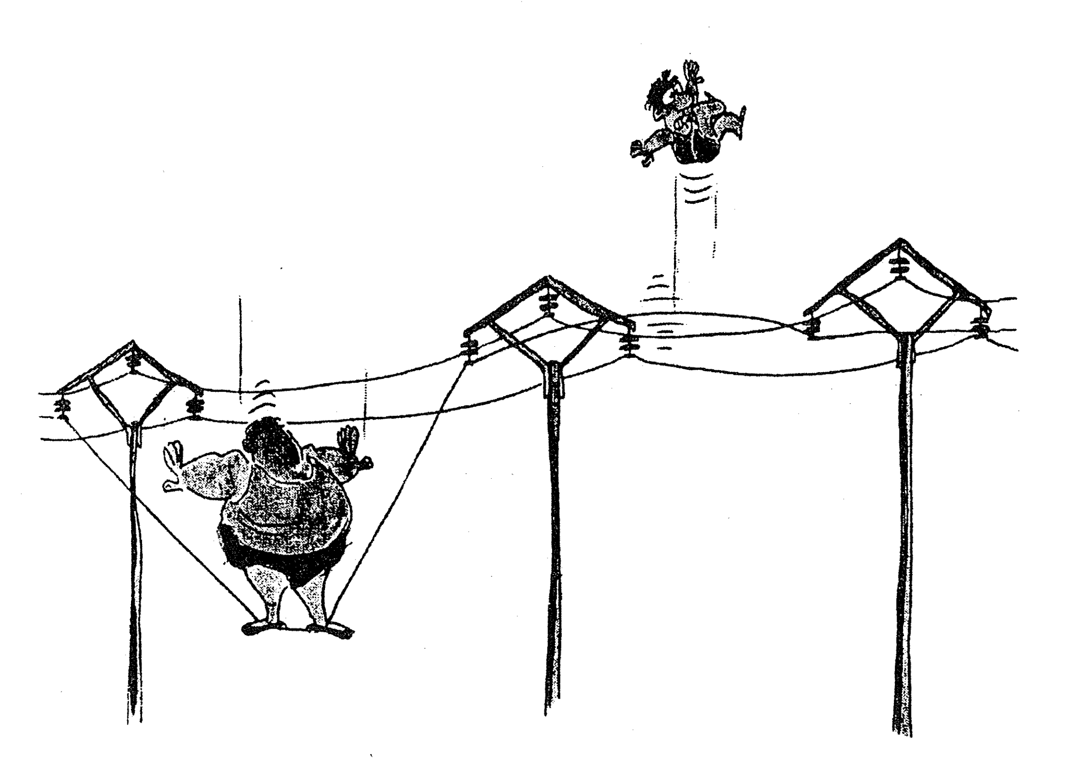
فى نظم الإضاءة المتوهجة فإن الانقطاعات ببساطة تؤدى إلى فصل الإضاءة. بينما الانقطاعات اللحظية تؤدى إلى حالة ارتعاش (flicker) أو وميض (blink) وتؤدى الانقطاعات المؤقتة وطويلة المدى لفصل الإضاءة.

تؤدى الانقطاعات المؤقتة وطويلة المدى أيضاً إلى فصل نظم الإضاءة بالفلورسنت ونظم الإضاءة بالتفريغ عالى الشدة (high intensity discharge) . مرة أخرى، عادة لاتحدث انهيارات لنظم الإضاءة، ولكن إذا صاحب الانقطاع جهود عابرة عندئذ يمكن ظهور المشاكل.

تؤدى أيضاً الانقطاعات اللحظية إلى ارتعاش نظم الإضاءة بالفلورسنت أو بالتفريغ عالى الشدة، بالنسبة لنظم التفريغ تحتاج لعدة دقائق حتى تعود للإضاءة. وهذا ليس مزعجاً فقط ولكن أيضاً يؤدى إلى مخاطر.

٤ - مكونات التوزيع:

نادراً ما يؤدى الانقطاع إلى مشاكل بمكونات التوزيع. يمكن ظهور المشاكل فى المنشآت الكبيرة والمحتوية على مفاتيح تحويل آلية (automatic transfer switch) . بعض هذه الأنواع يحتوى على عنصر حساس للجهد، فعند ضياع الجهد فإن المفتاح آلياً يتحول إلى مصدر التغذية البديل. يمكن أن تسبب الانقطاعات تشغيل بداية خاطئ.



الباب العاشر
عدم الاتزان
Unbalance / Imbalance

مقدمة:

يعتبر عدم اتزان الجهد مشكلة مستقرة تنتج من حالة عدم اتزان أحمال الأطوار الثلاثة (مثل عدم توزيع الأحمال أحادية الطور بالتساوى على الثلاثة أطوار) أو حدوث أعطال بالمحولات، أو حدوث عطل أرضى بنظام غير مؤرض أو مؤرض من خلال مقاومة.

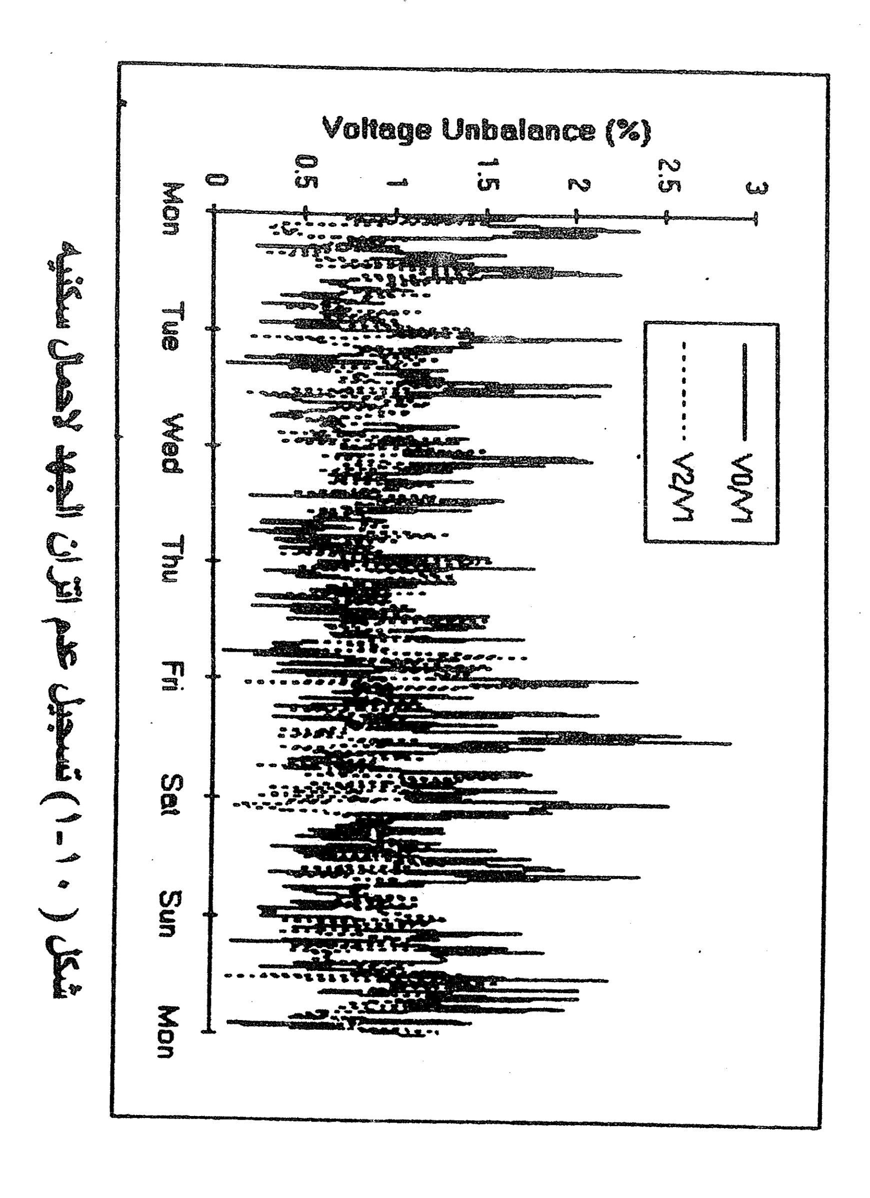
يؤثر عدم الاتزان فقط فى التطبيقات ثلاثية الأطوار. حيث يؤثر عدم اتزان الجهد فى انهيار المحركات والمحولات نتيجة تعرضها للسخونة الزائدة. كذلك يسبب التشغيل الخاطئ للمعدات الالكترونية.

فمثلاً ٣,٥٪ عدم اتزان جهد يؤدى إلى حوالى ٢٥٪ زيادة فى ارتفاع حرارة المحرك لذا يجب القياس الدورى لجهد الأطوار الثلاثة وإذا لم يتمكن من تحديد أو علاج عدم اتزان الجهد فيجب تقليل حمل المحرك أو اختيار محرك أكبر سعة.

تسبب الأحمال السكنية والتجارية أحادية الطور عدم اتزان جهد النظام ثلاثى الأطوار. يوضح شكل (١٠ – ١) تسجيل عدم اتزان الجهد لمدى أسبوع لأحمال سكنية مقاسة كنسبة بين مركبة التتابعية الصفرية (V_0) أو مركبة التتابعية السالبة (V_2) وبين مركبة التتابعية الموجبة (V_1) (أى أن $\frac{V_2}{V_1}$ ، $\frac{V_0}{V_1}$)

وعليه فمن أسباب حدوث عدم اتزان الجهد :

- الأحمال أحادية الطور بنظام ثلاثى الأطوار.
- أعطال بمكونات المكثفات ثلاثية الأطوار مثل إنصهار مصهر أحد الأطوار.



شكل (١٠-١) تسجيل عدم اتزان الجهد لأحمال سكنية

- الأحمال العالية غير المتزنة لنظام ثلاثى الأطوار
- ضياع مصدر التغذية لأحد الأطوار الثلاثية (وهو ما يعرف بـ - single phasing).

تعريفات

عدم الاتزان

Unbalance / Imbalance

(1) Voltage unbalance of a polyphase system is expressed as a percentage value and claculated as follows :

$$\text{voltage unbalance} = \frac{100\ (\text{ max. deviation from average voltage})}{(\text{average voltage})}$$

يعبر عن عدم اتزان الجهد لنظام متعدد الأطوار كنسبة تبعاً للعلاقة التالية:

عدم اتزان الجهد = ١٠٠* (أقصى انحراف عن متوسط الجهد) / متوسط الجهد

---

(2) Unbalance of a 3-phase system is expressed as a percentage, and is often defined as the maximum deviation from the average of the 3- phase voltages or currents, divided by the average of the 3-phase voltages or currents.

يعبر عن عدم اتزان نظام ثلاثى الأطوار كنسبة، ويعرف غالباً بأنه أقصى انحراف عن متوسط جهود أو تيارات الأطوار الثلاثة، مقسوماً على متوسط جهود أو تيارات الأطوار الثلاثة.

---

(3) Unbalance, the three voltages are not equal in amplitude or the three phases are not equal to 120°.

عدم الاتزان إما أن تكون قيمة الجهود الثلاثةغير متساوية أو أن تكون الزاوية بين كل طورين من الثلاثة أطوار لاتساوى ١٢٠°.

---

(4) Percent unbalance is the ratio of either the negative - or zero sequance component to the positive sequence componenet (i.e. $\frac{V_0}{V_1}$ or $\frac{V_2}{V_1}$)

The symmetrical components:

$$\begin{matrix} V_1 \\ V_2 \\ V_0 \end{matrix} = \begin{vmatrix} 1 & a & a^2 \\ a & a^2 & 1 \\ a^2 & 1 & a \end{vmatrix} \begin{matrix} V_r \\ V_s \\ V_t \end{matrix}$$

V_1 is positive sequence

V_2 is negative sequence

V_0 is zero sequence

نسبة عدم الاتزان هى النسبة بين مركبة التتابعية السالبة أو الصفرية إلى مركبة التتابعية الموجبة.

(5) For delta connection :

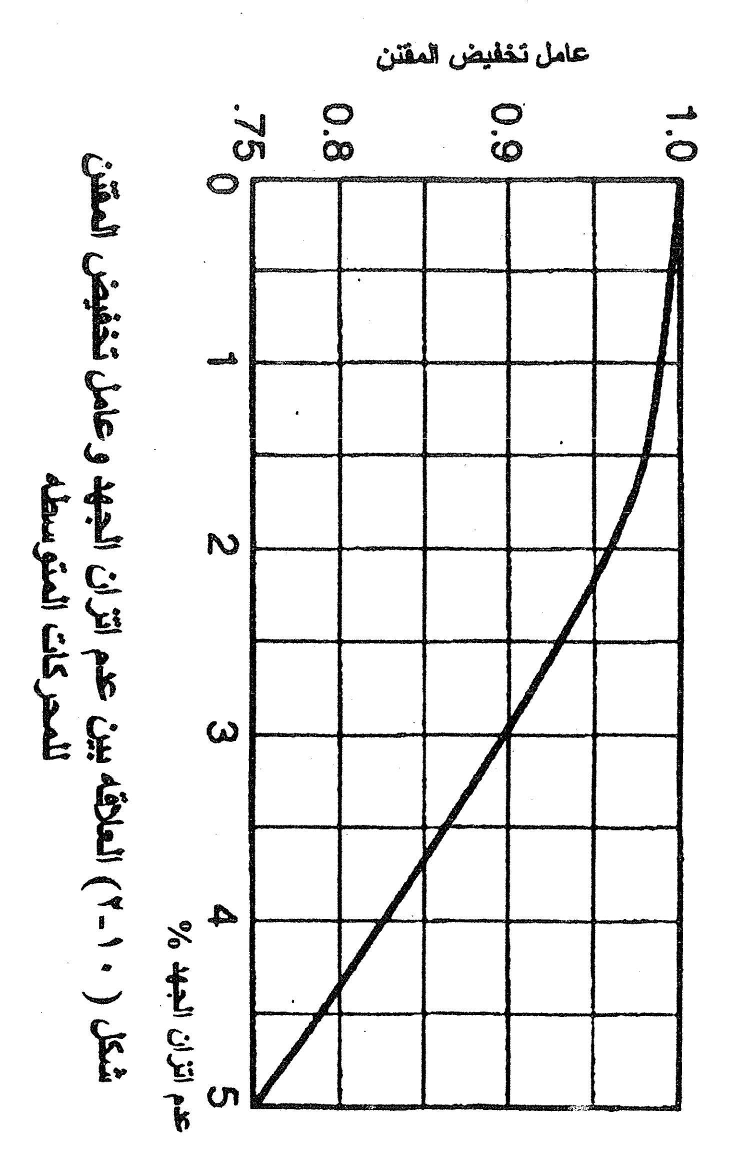
$$\text{Unbalance} = \frac{V_{rs}^2+V_{st}^2+V_{tr}^2 - \sqrt{3\,(V_{rs}^2+V_{st}^2+V_{tr}^2)^2 - 6\,(V_{rs}^4+V_{st}^4+V_{tr}^4)}}{\sqrt{6\,(V_{rs}^4+V_{st}^4+V_{tr}^4) - 2\,(V_{rs}^2+V_{st}^2+V_{tr}^2)^2}} \times 100$$

تأثير عدم اتزان الجهد على أداء المحركات:

عند تسليط جهد ثلاثى الأطوار غير متساوى على محرك تأثيرى متعدد الأطوار، ينتج تيار غير متزن بملفات العضو الثابت (stator)، تتسبب النسبة الصغيرة فى عدم اتزان الجهد فى حدوث عدم اتزان كبير فى التيار. وبالتالى، تزيد درجة حرارة تشغيل المحرك، عند الحمل الفعلى وفى وجود نسبة عدم اتزان الجهد، عن درجة حرارة تشغيل المحرك عند نفس الظروف ولكن فى وجود اتزان فى الجهد.

فى حالة تعرض المحرك لعدم اتزان الجهد، فإن مقنن المحرك بالحصان يجب أن يضرب فى عامل تخفيض المقنن (derating factor) وذلك لتخفيض احتمال انهيار المحرك.

يوضح شكل (١٠ – ٢) العلاقة بين عامل تخفيض المقنن ونسبة عدم اتزان الجهد. ويجب مراعاة عدم تشغيل المحرك فى وجود عدم اتزان جهد أعلى من ٥ ٪.



شكل (١٠-٢) العلاقة بين عدم اتزان الجهد و عامل تخفيض المقنن للمحركات المتوسطة

تصمم المحركات متعددة الأطوار / تيار متردد (AC) لتعمل بنجاح عندما لايتعدى عدم اتزان الجهد نسبة ١ ٪.

يؤدى تشغيل المحرك المعرض لعدم اتزان جهد إلى دورانه عند درجة حرارة أعلى من المصمم عندها المحرك. تتسبب زيادة الحرارة فى مرور تيارات التتابعية السالبة (negative sequence currents) التى تؤدى إلى دوران المحرك فى اتجاه معاكس للدوران الطبيعى.

هذه الحرارة الزائدة تسبب تخفيض رتبة العزل وقصر عمر تشغيل المحرك.

وجد أن نسبة زيادة الحرارة (عند تيارات عالية بالملفات) تكون حوالى ضعف مربع عدم اتزان الجهد. مثلاً عند تعرض المحرك لعدم اتزان جهد ٣ ٪ فإنه يسبب زيادة جهد بنسبة ١٨ ٪.

(٢ × مربع عدم اتزان الجهد = ٢ × (٣)^{٢} = ١٨ ٪)

كلما زادت نسبة عدم اتزان الجهد كلما زادت درجة حرارة ملفات المحرك وهذا يسرع بانهيار العزل.

عموماً يوضح جدول (١٠ – ١) أنواع المحركات ونسبة عدم اتزان الجهد ونسبة الزيادة فى سخونة الملفات وارتفاع درجة الحرارة. توصى المواصفات الأمريكية NEMA بأن أقصى عدم اتزان جهد يكون ١ ٪ بدون أى تخفيض فى مقنن المحرك. وكما اتضح من شكل (١٠ – ٢) فإن المحرك يمكن أن يدور عند أقصى عدم اتزان جهد ٥ ٪ بشرط انخفاض مقنن المحرك بنسبة ٧٥ ٪. إذا تعدى عدم الاتزان ٥ ٪ فإنه يوصى بعدم تشغيل المحرك.

توجد قاعدة بسيطة تشير إلى أن كل زيادة بـ ١٠°م عن مقنن درجة حرارة تشغيل المحرك تؤدى إلى تخفيض عمر العزل (وبالتالى عمر تشغيل المحرك) إلى النصف.

جدول (١٠ - ١)

أمثلة لعدم اتزان جهد المحرك وارتفاع درجة الحرارة

نوع المحرك	الحمل	عدم اتزان الجهد ٪	الحرارة الزائدة (المضافة) ٪	درجة نظام العزل	ارتفاع درجة الحرارة (ْ م)
هيكل U	عند الحمل المقنن	0	0	A	60
	عند الحمل المقنن	2	8	A	65
	عند الحمل المقنن	3.5	25	A	75
هيكل T	عند الحمل المقنن	0	0	B	80
	عند الحمل المقنن	2	8	B	86.4
	عند الحمل المقنن	3.5	25	B	100

تأثير ضياع قدرة أحد الأطوار علي أداء المحركات:

يوجد تعبير شائع يعرف بالطور الواحد (single - phasing) وهو يعنى ضياع مصدر تغذية أحد الأطوار الثلاثة ويرجع ذلك إما إلى فتح أو قطع فى موصل الطور أو انفصال مصهر طور مصدر التغذية.

أحياناً عند تحميل أحد الأطوار بحمل زائد فإنه يسبب انفصال المصهر. هذه الظاهرة تسبب مشاكل خطيرة للمحركات التأثيرية. نتيجة مرور تيار مركبة التتابعية السالبة (negative sequence current) تزيد حرارة ملفات المحرك، وتسبب عدم اتزان الجهد. بالإضافة إلى أن ضياع أحد الأطوار يؤدى إلى منع مقدرة المحرك للدوران عند المقنن العادى.

إذا حدث ضياع لأحد الأطوار وكان المحرك فى حالة الدوران، فإن العزم الناتج من مجالى الدوران الموجب يستمر فى دوران المحرك وينشأ عزم يتماشى مع الحمل. ينتج مجال الدوران السالب، المجال المصاحب لضياع أحد الأطوار، تيارات حمل حتى محدثة جهود فى الطور العاطل لمصدر التغذية ثلاثى الأطوار. هذه الجهود يمكن أن تصل إلى قيمة مساوية لجهد الطور المفقود. وعلى ذلك، فكشف حالة ضياع أحد الأطوار بالقياس على نهايات المحرك تعتبر عادة غير مجدية.

عدم اتزان جهد التعادل Neutral Voltage Unbalance:

تكون مكثفات تحسين معامل القدرة ومرشحات التوافقيات الموصلة على الجهود العالية والمتوسطة بالتطبيقات الصناعية والتجارية موصلة نجمة غير مؤرضة (ungrounded - wye) وذلك لأكثر من سبب. السبب الرئيسى لذلك هو التغلب على العيوب المصاحبة لنظام المكثفات الموصلة نجمة مؤرضة. من هذه العيوب:

١ – تجهز المكثفات المؤرضة مسار معاوقة منخفضة إلى الأرض لتيارات توافقيات المركبة الصفرية (0. sequence harmonic currents). لهذه التيارات الدافع لإثارة الرنين. ويمكن أن تحدث تداخلات مع دوائر الاتصالات بالإضافة إلى التشغيل الخاطئ لجهاز الحماية ضد الأعطال الأرضية.

٢ – يؤدى نظام المكثفات المؤرض إلى تشغيل جهاز الحماية ضد الأعطال الأرضية عند حدوث عدم اتزان ناتج من انفصال مصهر أو أكثر من مصهرات المكثفات، أو بسبب سماحية المكثفات، أو فى حالة وجود عدم اتزان جهد الشبكة المغذية.

٣ – لنظم المكثفات المؤرضة تيارات تفريغ عالية (discharge currents) خلال الأعطال الأرضية بالنظام. يمكن أن تسبب هذه التيارات تشغيل مدمر للمصهر وانهيار مانعة الصواعق.

٤ – المكثفات المؤرضة بنظام مؤرض من خلال مقاومة (هذا النظام منتشر فى نظم الشبكات التجارية والصناعية) تتعرض للانهيار خلال الأعطال الأرضية للنظام.

نتيجة لهذه العيوب فإن مجموعة المكثفات ومرشحات التوافقيات تترك بدون تأريض بنظم الشبكات التجارية والصناعية للجهود حتى ٣٤,٥ك.ف.

ولكن لنظم المكثفات غير المؤرضة عيوبها والتى من أهمها التعرض للجهود الزائدة والتى تحدث عندما تكون مجموعة المكثفات غير متزنة وذلك إذا انصهر أحد المصهرات كما فى شكل (١٠ – ٣) حيث يوضح الشكل انصهار أحد مصهرات فرع الطور (C) عندئذ باقى مكثفات هذا الفرع تتعرض لجهد

زائد. يمكن أن تصل هذه الزيادة إلى ٥٠٪ اعتماداً على تجميعه لوحة المكثفات، ويمكن أن تؤدى إلى انخفاض عمر تشغيل المكثفات أو انهيارها.

بالإضافة إلى ذلك، ينخفض مخرج لوحة المكثفات (ك. ف. أ. ر) وبالتالى تتعرض المنشأة الصناعية أو التجارية إلى انخفاض معامل القدرة وبالتالى دفع جزاء مقابل هذا الانخفاض طبقاً للتعاقد مع مرفق الكهرباء. لذا فمن الضرورى إضافة حماية ضد اتزان الجهد بمسار التعادل.

يوضح شكل (١٠ – ٤) المواصفات القياسية العالمية ANSI/IEEE للعلاقة بين مفقودات المكثف (ك. ف. أ. ر. مفقودات / ك. ف. أ. ر. الكلى للطور) وبين الزيادة فى الجهد بالوحدات الكسرية على المكثفات غير العاطلة بلوحة مكثفات كالموضحة فى شكل (١٠ – ٣).

ويتضح من هذا الشكل أن مفقودات ٢٨٪ لكل ك. ف. أ. ر. للطور تنتج ١٠٪ زيادة جهد.

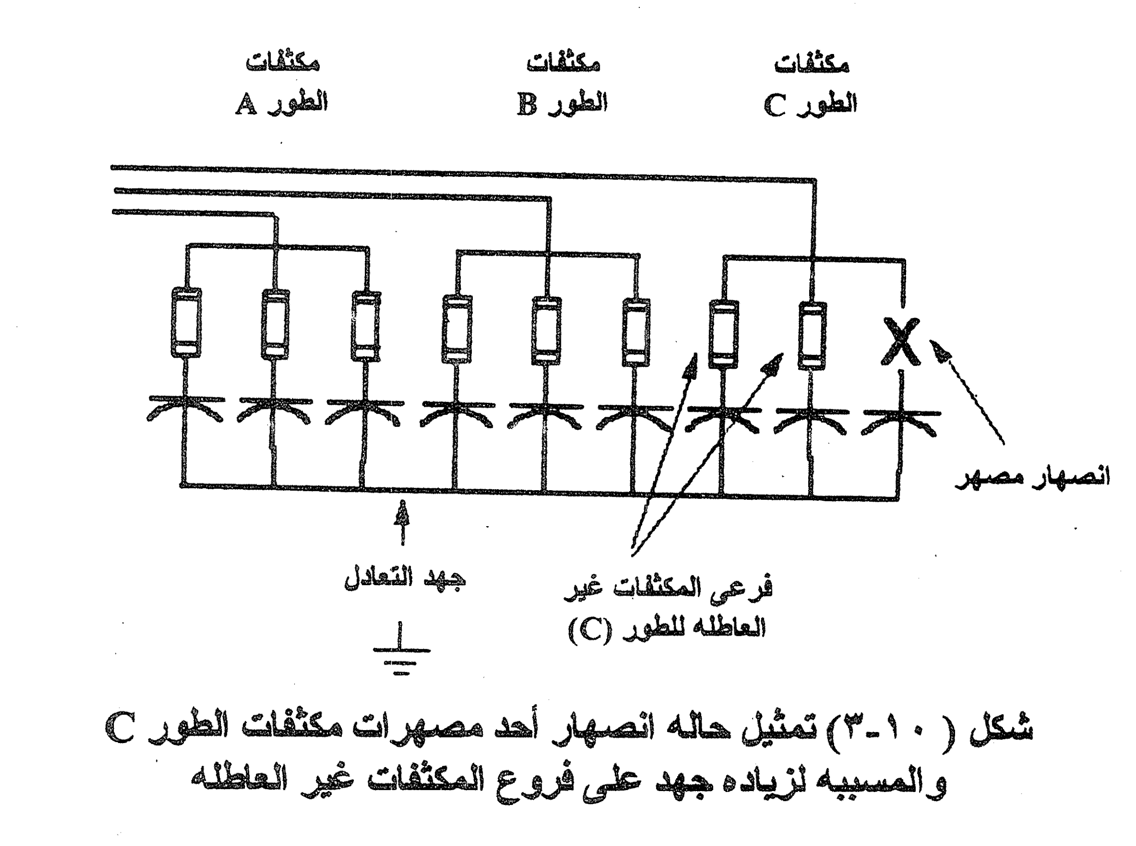
عدم اتزان التيارات Unbalanced currents :

من المعروف أن مصادر عدم اتزان تيارات الأطوار الثلاثة بالمحركات هى:

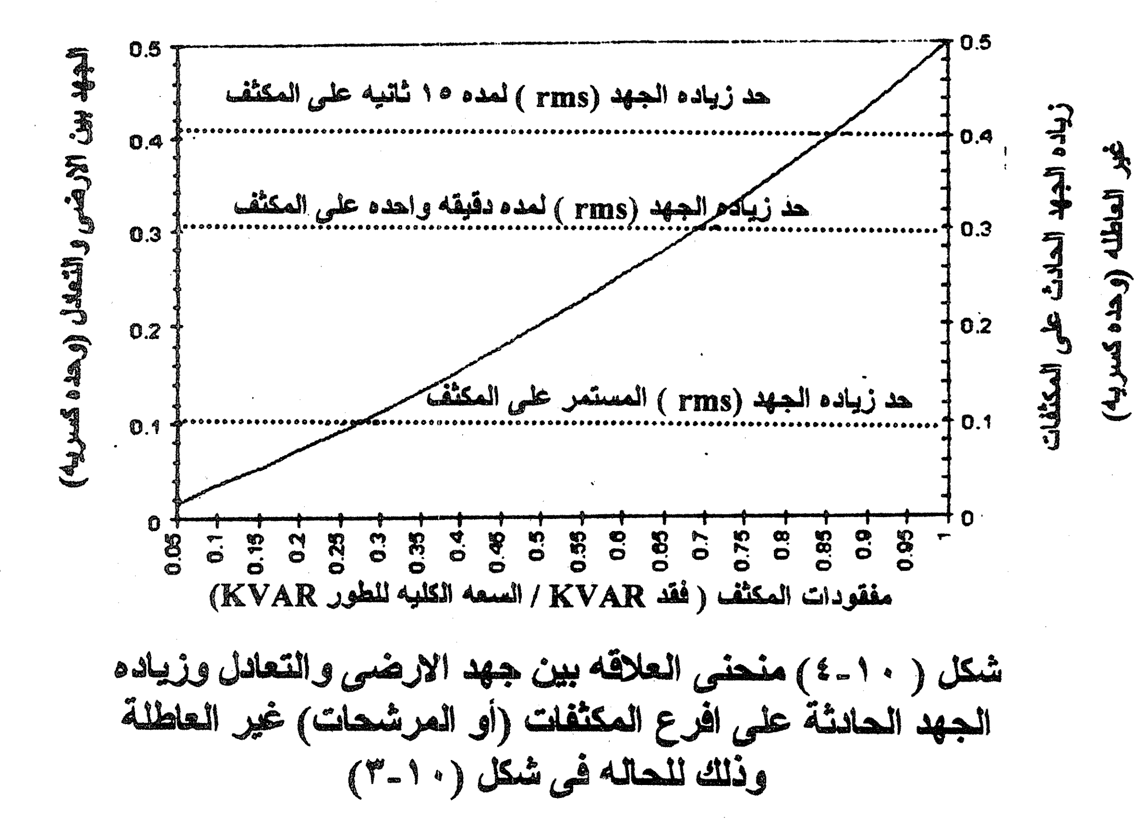
- عدم اتزان عدد لفات الملفات.
- عدم استقامة أو عدم توازى الثغرة الهوائية (air gap).
- عدم اتزان جهد الأطوار الثلاثة.

ترتبط مشاكل الملفات والثغرة الهوائية مباشرة بالمحرك. بينما عدم اتزان الجهد فيرجع إلى مصدر التغذية.

يولد عدم اتزان الجهد الصغير تيار عدم اتزان كبير غير متكافئ معه. تكون النسبة بينهما تقريباً ١ : ٨ بمعنى آخر أن عدم اتزان جهد بنسبة ١٪ يؤدى إلى عدم اتزان تيار بنسبة أكثر من ٨٪.



شكل (١٠-٣) تمثيل حاله انصهار أحد مصهرات مكثفات الطور C والمسببه لزياده جهد على فروع المكثفات غير العاطله

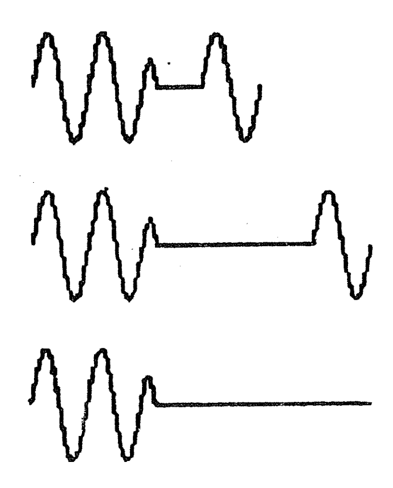


شكل (١٠-٤) منحنى العلاقه بين جهد الارضى والتعادل وزياده الجهد الحادثة على افرع المكثفات (أو المرشحات) غير العاطلة وذلك للحاله فى شكل (١٠-٣)

عدم اتزان التيار يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة التشغيل. وتخفيض العمر الافتراضى للمحرك وانخفاض الكفاءة وزيادة الاستهلاك.

من المشاكل الأخرى تولد توافقيات الجهد الناتجة من وجود توافقيات تيار بالشبكة الكهربائية.

يؤدى التشوه إلى عدم اتزان التيار فى المحركات حتى لو كان الاختلاف بين جهود الأطوار صغير وغير ملحوظ.



الباب الحادي عشر

التوافقيات

Harmonics

مقدمة:

فى أواخر 1800,s وأوائل 1900,s اهتم موزعى الكهرباء بالتطوير بغرض الرقى بفن الأجهزة والمعدات. وكانت الأجهزة التى تحتاج الكهرباء لتشغيلها هى الإضاءة والمحركات والتسخين بالمقاومة. فى حوالى 1920,s أصبحت الكهرباء المستخدمة أكثر تعقيداً. حيث استخدمت معدات مثل شبكات التوزيع متعددة الأطوار، الأجهزة متعددة الأقطاب، الموحدات، التحكم فى زاوية الطور من خلال الأنابيب المفرغة (vacuum tubes). وبدأ ظهور اصطلاحات جديدة مثل الحث التبادلى (mutual induction) والتوافقيات (harmonics) ومعامل القدرة (power factor) . وأصبح من أكثر اهتمامات شركات الكهرباء والمصانع الكبيرة تأثير التوافقيات وآثارها الجانبية، ومن هذه الصناعات المعادن وصهر المعادن. واستمرت طبيعة الأحمال التجارية الكبيرة عبارة عن إضاءة ومحركات وتسخين بالمقاومة.

خلال الثلاثين سنة الماضية حدثت ثورة فى صناعة الالكترنيات وانتشر استخدامها بتوسع بغرض الدعوة إلى ترشيد استخدام الطاقة والتى امتازت بانخفاض قدرتها وأصبح لايخلو جهاز كهربى من المكونات الالكترونية، فمثلاً استبدلت الآلة الكاتبة بالحاسب الشخصي وانتشر استخدام كابحات التيار الالكترونية (electronic ballasts) ومنخفضات الإضاءة (dimmers) فى نظم الإضاءة بالإضافة إلى استخدام مديرات السرعة المتغيرة للمحركات (variable speed drive).

ومن خصائص العناصر الالكترونية أنها مصدر غنى بالتوافقيات، لذا أصبحت الأحمال التجارية والسكنية والصناعية جميعها مصدرة للتوافقيات.

تعريفات

التشوه بالتوافقيات

Harmonic Distortion

(1) Harmonics are currents or voltages with frequencies that are integer multiples of the fundamental power frequency being 50 Hz or 60 Hz.

التوافقيات هى التيارات أو الجهود المحتوية على ترددات عبارة عن مضاعفات التردد الأساسى للقدرة والتى إما أن تكون ٥٠ هرتز أو ٦٠ هرتز.

---

(2) Distortion occurs when harmonic frequencies are added to the 50 Hz (or 60 Hz) voltage or current waveform, making the usually smooth wave appear jagged or distorted.

يحدث التشوه عندما تضاف ترددات التوافقيات إلى الموجة الأساسية (٥٠ أو ٦٠ هرتز) للجهد أو التيار مسببة عادة ظهور تشوه أو نتوءات بالموجة النقية.

---

(3) Wave distortion is defined as a steady state deviation from an ideal sine wave of power frequency principally characterized by the spectral content of the deviation.

يعرف تشوه الموجة بأنه الانحراف المستقر عن الموجة الجيبية النموذجية لتردد القدرة الكهربائية والتى تتصف أساساً بمحتوى الطيف للانحراف.

---

(4) Harmonic, a sinusoidal component of a periodic wave or quantity having a frequency that is an integral multiple of the fundamental frequency (IEEE 519 - 1992).

التوافقيات هى المركبات الجيبية لموجة دورية أو كمية تحتوى على تردد عبارة عن مضاعفات التردد الأساسى.

- -

(5) Harmonics, sinusoidal compnent of a complex wave whose frequency is an integral multiple of the fundamental frequency.

التوافقيات هى المركبات الجيبية لموجة مركبة ترددها مضاعفات التردد الأساسى.

- -

(6) Harmonic order (or number), ratio between the frequency of the harmonic and the frequency of the fundamental.

درجة التوافقية : هى النسبة بين تردد التوافقية والتردد الأساسى.

- -

(7) Harmonics is a term used to describe the shape or characteristic of a voltage or current waveform with respect to the fundamental frequency in an electrical distribution system.

التوافقيات تعبير يستخدم لوصف شكل أو خصائص موجة الجهد أو التيار بالنسبة إلى التردد الأساسى لنظم التوزيع الكهربى.

- -

(8) Harmonic component, A component of order greater than one of the fourier series of a periodic quantity.

مركبة التوافقية هى درجة المركبة الأكبر من واحد فى متوالية «فورير» لكمية دورية.

---

(9) Harmonic content. The quantity obtained by subtracting the fundamental component from an alternating quantity.

محتوى التوافقية هى الكمية التى نحصل عليها بطرح المركبة الأساسية من الكمية المتغيرة.

---

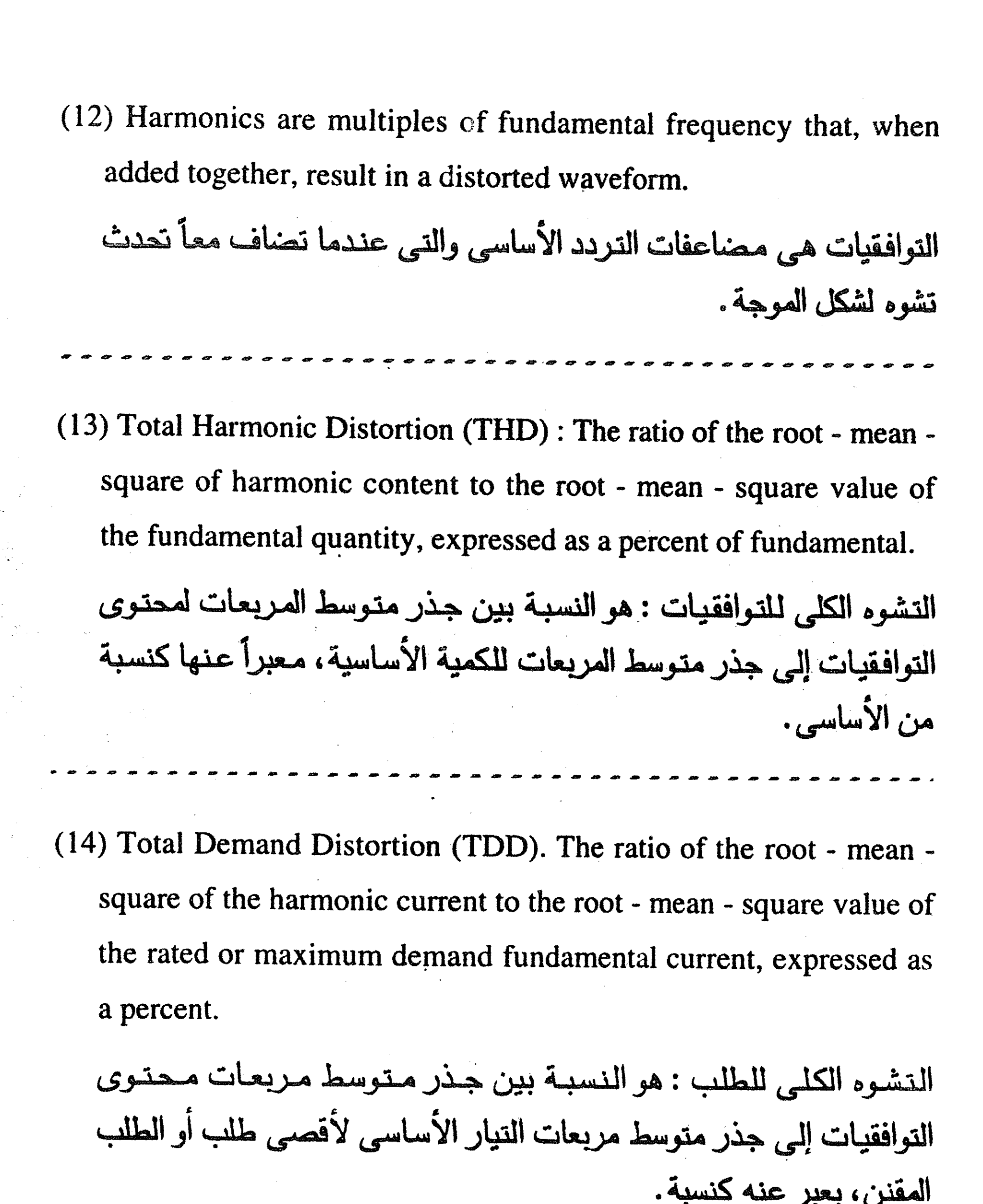
(10) Harmonic distortion. periodic distortion of the sine wave.

التشوه بالتوافقيات هو التشوه الدورى للموجة الجيبية.

---

(11) Interharmonic component. A frequency component of a periodic quantity that is not an integer multiple of the frequency at which the supply system is designed to operate (e.g. 50 Hz or 60 Hz).

مركبة التوافقية المتداخلة هى المركبة الترددية لكمية دورية ليست مضاعفات رقم صحيح للتردد المصمم لتشغيل نظام التغذية (٥٠ هرتز أو ٦٠ هرتز).



(12) Harmonics are multiples of fundamental frequency that, when added together, result in a distorted waveform.

التوافقيات هى مضاعفات التردد الأساسى والتى عندما تضاف معاً تحدث تشوه لشكل الموجة.

---

(13) Total Harmonic Distortion (THD) : The ratio of the root - mean - square of harmonic content to the root - mean - square value of the fundamental quantity, expressed as a percent of fundamental.

التشوه الكلى للتوافقيات : هو النسبة بين جذر متوسط المربعات لمحتوى التوافقيات إلى جذر متوسط المربعات للكمية الأساسية، معبراً عنها كنسبة من الأساسى.

---

(14) Total Demand Distortion (TDD). The ratio of the root - mean - square of the harmonic current to the root - mean - square value of the rated or maximum demand fundamental current, expressed as a percent.

التشوه الكلى للطلب : هو النسبة بين جذر متوسط مربعات محتوى التوافقيات إلى جذر متوسط مربعات التيار الأساسى لأقصى طلب أو الطلب المقنن، يعبر عنه كنسبة.

---

(15) Triplen Harmonics. A term frequently used to refer to the odd multiples of the third harmonic, which deserve special attention because of their natural tendency to be zero sequence.

التوافقيات الثلاثية : يستخدم هذا التعبير ليشير إلى المضاعفات الفردية للتوافقية الثالثة والتى تستحق انتباه خاص لأن طبيعتها تجعلها مركبات تتابعية صفرية.

---

(16) Voltage distortion. Distortion of the AC line voltage.

تشوه الجهد، هو تشوه جهد الخط للتيار المتردد.

تشوه شكل الموجه Waveform Distortion:

يعرف تشوه شكل الموجة بأنه الانحراف المستقر للموجة الكهربائية عن الموجة الجيبية النموذجية لتردد القدرة والتى أساساً توصف بمحتوى الطيف الموجود فى هذا الانحراف.

توجد ٥ أنواع أساسية لتشوه شكل الموجة :

* موازنة التيار المستمر (DC offset).
* التشويش (Noise).
* النقرات (Notching).
* التوافقيات المتداخلة (Interhamonics).
* التوافقيات (Harmonics).

(١) موازنة التيار المستمر:

هى وجود تيار أو جهد مستمر (DC) فى نظام القدرة المتغير (AC).

ويمكن حدوث ذلك نتيجة الاضطرابات المتعلقة بالمغناطيسية الأرضية (geomagnetic disturbance) أو نتيجة تأثير توحيد نصف الموجة (half-wave rectification) ومثال لذلك تستخدم موحدات (diodes) مع اللمبات المتوهجة

بغرض إطالة عمر تشغيلها حيث ينخفض جهد (rms) المسلط على اللمبات من خلال توحيد نصف الموجة.

يؤدى وجود موازنة DC فى شبكات التيار المتغير (AC) إلى حدوث انحياز (biasing) على قلب المحول (أو المحولات) ووصولها إلى حالة التشبع أثناء التشغيل العادى . هذه الظاهرة تسبب سخونة زائدة للمحولات وتخفض عمر التشغيل الافتراضى. يمكن أن يؤدى التيار المستمر إلى تآكل الكتروليتى[1] (Electrolytic crosion) لأقطاب الأرضى والموصلات الأخرى.

(٢) التشويش أو الشوشرة (Noise)

يعرف التشويش بأنه الإشارات الكهربائية غير المرغوبة لمحتوى مدى طيفى أقل من ٢٠٠ كيلوهرتز. يكون التشويش مركباً على موجة جهد أو تيار نظام القدرة بموصلات الطور أو مسار التعادل أو أسلاك الإشارات.

يتولد التشويش فى نظم القدرة من الأجهزة الالكترونية، ودوائر التحكم ومعدات التلامس الكهربى والأحمال المحتوية على موحدات حالة الصلابة (solid state) وطريق تحويل مصادر التغذية (switching power supplies) . كذلك ترجع أغلب مشاكل التشويش إلى الخصائص غير الجيدة للأرضى.

يؤدى التشويش إلى اضطراب بالأجهزة الالكترونية مثل الميكروبروسيسور والميكروكمبيوتر ودوائر التحكم المنطقية. يعالج التشويش باستخدام مرشحات أو محولات عزل .....

(٣) النقرات (Notching)

هى اضطرابات دورية فى موجة الجهد تحدث عند التشغيل العادى لأجهزة الكترونيات القوى وذلك أثناء عملية توحيد (commutated) التيار من طور إلى آخر.

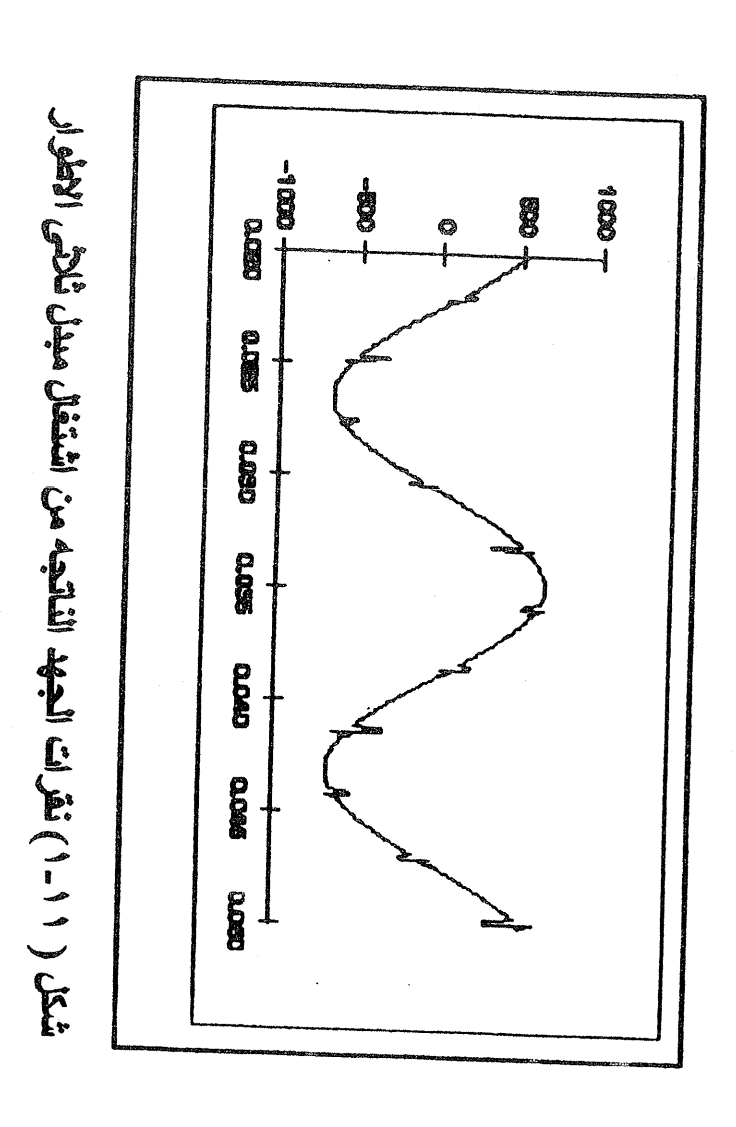
---

(١) هو تآكل فلز ما بسبب ملامسته كهربائياً لفلز أو موصل آخر فى وسط الكتروليتى.

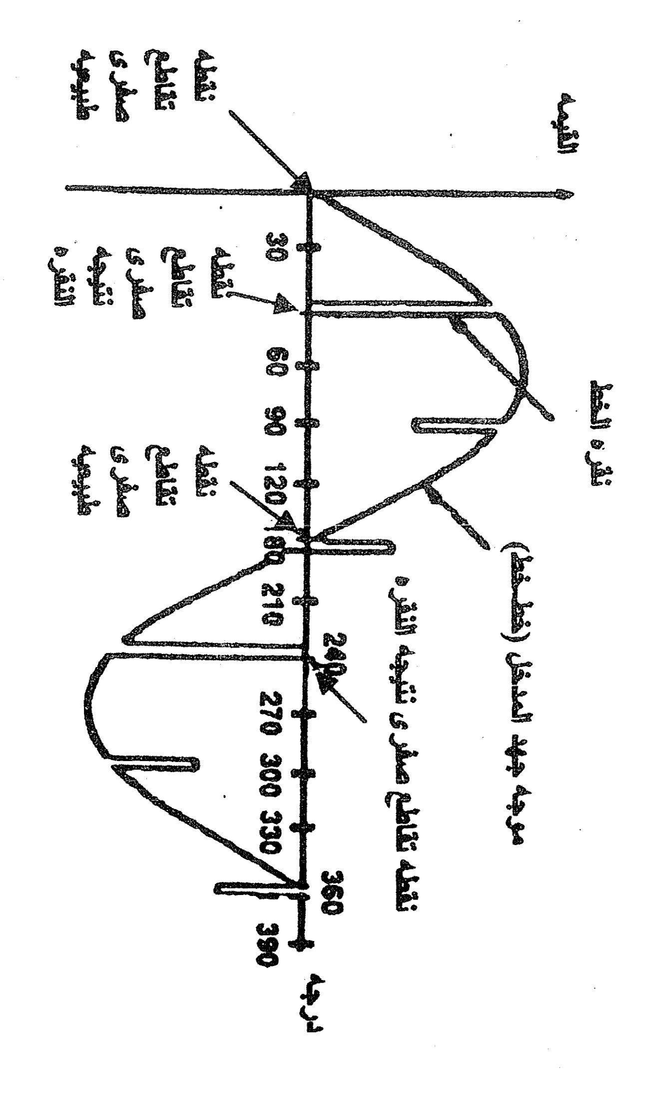
يوضح شكل (١١ – ١) مثال لموجة جهد تحتوى على نقرات ناتجة من مبدل ثلاثي الطور (3 - phase converter) والذى يصدر أيضاً مركبة تيار مستمر (DC).

عند استخدام موحدات التحكم السيليكونى (Silicon Controlled Rectifiers (SCR) فى دوائر التحكم الكهربى فإن موجة الجهد تتعرض للتشوه بالنقرات. تستخدم هذه الدوائر فى التحكم فى سرعة محركات التيار المستمر (DC motors) وفى معدات التسخين بالتأثير (Induction heating equipment). تعرف نقرات الخط (line notches) بأنها النقرات غير المنتظمة الحادثة فى موجة الجهد والموضحة فى شكل (١١ – ٢). وتحدث هذه النقرات خلال عملية توحيد SCR أو عند لحظة توقف (turned off) أحد أطوار SCR بينما يبدأ الآخر فى الاشتغال (turned on)، ونتيجة أن هذا الزمن يعتبر صغيراً جداً فإن هذه الظاهرة تعتبر حالة قصر (short circuit) بين طورين. وحيث أنه من الطبيعى فى تعريف حالة القصر أن يصبح الجهد صغير جداً بينما يرتفع التيار إلى قيمة كبيرة، فإنه أثناء حدوث النقرات ينخفض الجهد بينما يرتفع التيار. بمعنى آخر أن النقرات تظهر لحظياً ثم يرتفع التيار بسرعة كبيرة جداً (نتيجة القصر بين وجهين) وتكون قيمة الجهد صغيرة وربما تصبح صفر. من أخطر حالات النقرات عند ملامستها لمحور الجهد الصفرى. وتعتبر هذه الحالة من أكبر المشكلات.

من المعروف أنه خلال دورة موجة الجهد الجيبية العادية، فإن الجهد يتقاطع مع المحور (X) أو المحور الصفرى، عند صفر درجة وعند ١٨٠ درجة. خلال التشغيل العادى، توجد نقطتى تقاطع صفرى (zero voltage crossing) لكل دورة موجة. تصمم بعض المعدات الالكترونية بحيث تحدث عملية الاطلاق (triggered) عند نقطة التقاطع الصفرى أى عندما يصل الجهد إلى القيمة «صفر». وهذا يسمح لهذه المعدات أن تكون فعالة بدون حدوث تيارات



شكل (١١-١) تغيرات الجهد الناتجة من اشتغال محمل ثلاثي الأطوار



شكل (١١-٢) نقرات الجهد نتيجة انتقال موحدات التحكم السيليكونى

عارمة (surge currents) أو بدون تيارات بداية عالية (inrush currents) والتى يمكن حدوثها عند التشغيل فى وجود الجهد. بينما بعض الأجهزة تستفيد بخاصية التقاطع الصفرى لإشارة الزمن الداخلى (internal timing signal)، وهذا مايحدث ببعض أنواع المؤقتات الرقمية.

فى شكل (١١ - ٢) نلاحظ أن حالة النقرات أحدثت وجود أربعة نقاط تقاطع صفرى بدلاً من نقطتين تقاطع صفرى لكل دورة موجة جهد، هذا يعنى وجود أربعة إشارات لكل دورة تصدر أمر للمعدات الأخرى بالاشتغال (turn on)، أى أن هذه المعدات تبدأ التشغيل مرتين بسرعة، وتدور مرتين أسرع والنتيجة إنهيار المعدات.

لعلاج هذه المشكلة يجب تقليل عمق النقرة بموجة الجهد حتى تصبح موجة الجهد محتوية فقط على نقطتى تقاطع صفرى لكل موجة.

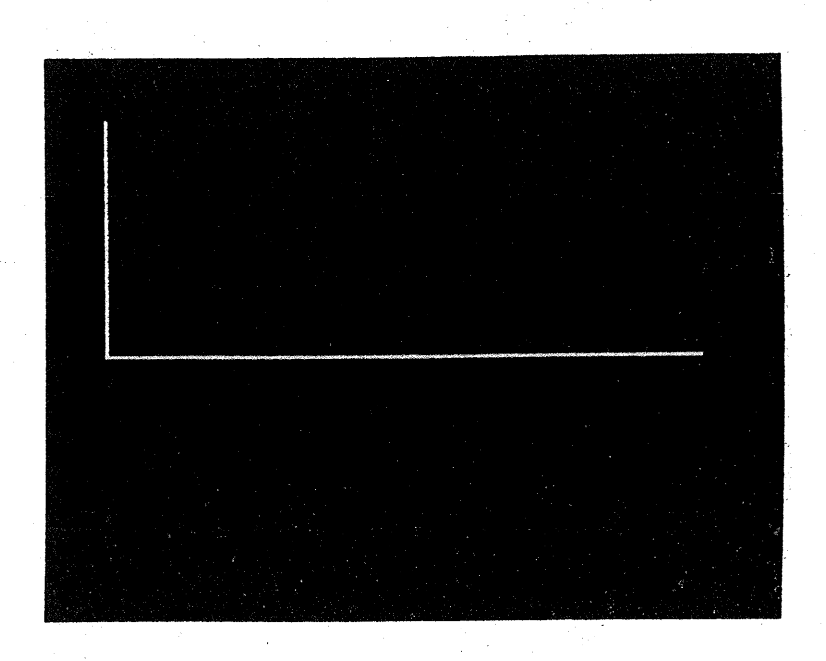
يوضح شكل (١١ - ٣) لقطة فوتوغرافية لموجة جهد تحتوى على نقرات، بينما يوضح شكل (١١ - ٤) لقطة فوتوغرافية لموجة جهد تحتوى على توافقيات ونقرات.

(٤) التوافقيات (Harmonics)

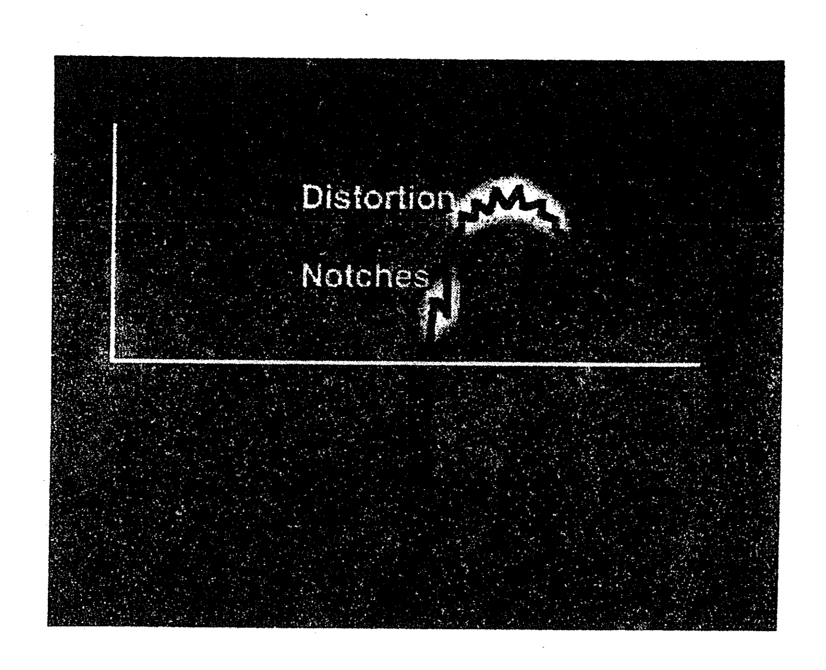
هى موجات جهد أو تيار جيبية تحتوى على ترددات ذات أرقام صحيحة وهى رقم مضاعف (أو متعدد) من تردد المصدر المصمم لتشغيل الشبكات الكهربائية.

تحلل الموجات المشوهة بالتوافقيات إلى موجة أساسية ومجموعة من التوافقيات. يحدث التشوه بالتوافقيات من الخصائص غير الخطية للمعدات والأجهزة والأحمال المغذاه من الشبكات الكهربائية.

توصف مستويات التشوه بالتوافقيات بواسطة طيف التوافقيات (التوافقيات المنفصلة) (Harmonic Spectrum) عن طريق قيم وزوايا كل مركبة توافقية



شكل (١١-٣) نقرات ناتجه عن تشغيل مديرات التردد المتغير المحتوى على SCR



شكل (١١-٤) موجه جهد مشوهه بالتوافقيات والنقرات نتيجه تشغيل مدير التردد المتغير

منفصلة. من الشائع أيضاً استخدام كمية واحدة وهى التشوه الكلى للتوافقيات (THD) (Total Harmonic Distortion) كمقياس للقيمة الفعالة للتشوه بالتوافقيات.

يوضح شكل (١١ – ٥) موجة مشوهة بالتوافقيات، والتوافقيات المنفصلة لتيار المدخل لمدير السرعة المتغيرة (Adjustable speed drive).

عادة يعبر عن التشوه بالتوافقيات بنسبة THD% ، ولكن هذا يمكن أن يؤدى إلى سوء فهم، فمثلاً، كثير من مديرات السرعة المتغيرة تشير إلى نسبة THD% عالية فى موجة تيار المدخل عندما تعمل أو تدار عند أحمال منخفضة جداً. يجب ألا يكون هذا بالضرورة مؤشراً أو علامة للاهتمام أو القلق، لأن قيمة تيار التوافقيات يكون منخفضاً حتى ولو كان التشوه المنسوب له عالياً.

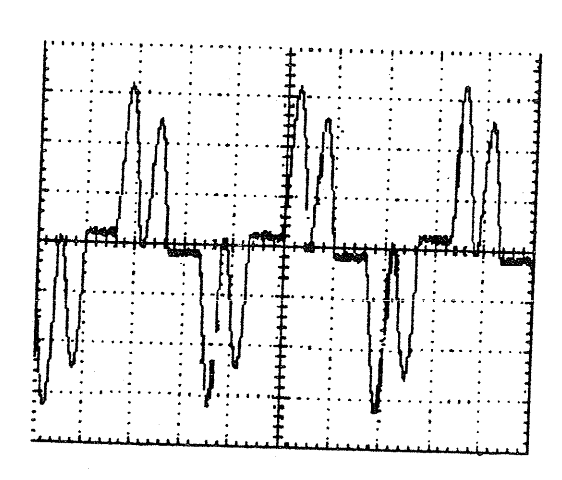
(٥) التوافقيات المتداخلة (Interharmonics)

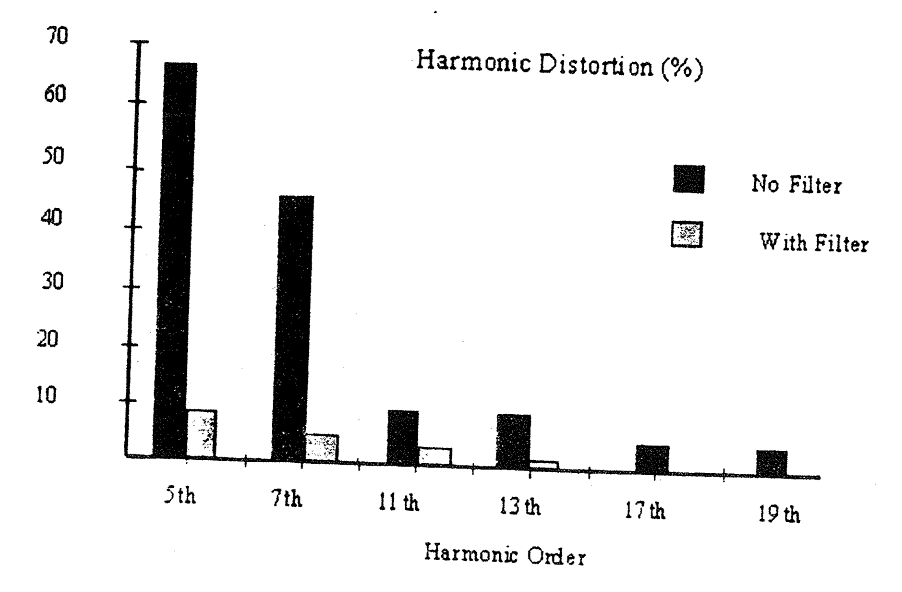
من المعروف أن التوافقيات هى المركبات الجيبية لموجة دورية أو كمية تحتوى على تردد عبارة عن مضاعفات (أرقام صحيحة) التردد الأساسى، وعليه فإن التوافقيات المتداخلة هى التوافقيات التى لها درجة (أو رقم) توافقية ليست رقم صحيح (وبالتالى لايتحقق لها أن التردد مضاعفات التردد الأساسى).

من نتائج قياسات كثيرة ومتعددة للتوافقيات وجد أنه يمكن أن تتواجد التوافقيات المتداخلة فى الشبكات الكهربائية عند جميع مستويات الجهود.

من المصادر الرئيسية المسببة للتوافقيات المتداخلة:

* عاكس التردد الاستاتيكى (Static frequency converter).
* عاكس سيكيلو (Cyclo - converter).
* المحركات التأثيرية (Induction motors).
* الأجهزة التى تعمل بالقوس الكهربى (Arcing devices).





شكل (١١ – ٥) موجة مشوهة بالتوافقيات، والتوافقيات المنفصلة لتيار المدخل لمدير السرعة المتغيرة

* خطوط القوى الحاملة للإشارات (Power line carrier signals) .

ولم يحدد بصورة قاطعة حتى الآن تأثير التوافقيات المتداخلة. ولكن وُجد أنه يمكن أن تؤثر على خطوط القوى المحملة بالإشارات، كذلك يمكن أن تحدث ارتعاش مرئى فى الأجهزة المحتوية على شاشات مثل CRTs .

علامات علي وجود التوافقيات Symptoms of Harmonics

١ – السخونة الزائدة لموصلات مسار التعادل.

٢ – السخونة الزائدة لمحولات التوزيع والكابلات.

٣ – ارتفاع مستوى توافقيات الجهد.

٤ – ارتفاع الجهد بين نقطة التعادل والأرض غالباً ما تتعدى ٢ ڤولت (طبقاً للمواصفات 1992 - 1100 IEEE) .

٥ – انخفاض معامل القدرة.

٦ – انهيار مكثفات تحسين معامل القدرة نتيجة الحمل الزائد أو رنين النظام.

٧ – الفصل الخاطئ لقواطع التيار.

٨ – انهيار المعدات الدوارة (قبل الأوان) (مثل المحركات والمولدات..) .

٩ – انهيار أو التشغيل الخاطئ لمكونات الدوائر الالكترونية أو الأجهزة الالكترونية الحساسة مثل الحاسبات ومتحكمات البرمجة المنطقية (PLC) .

١٠ – حدوث رنين يؤدى إلى تيارات عالية عارمة (over-current surges) .

وعلي ذلك لكل منشأة حاول الإجابة علي هذه الأسئلة:

١ – هل موصل مسار التعادل ساخن بشدة ويحمل تيار عالى ؟

٢ – هل محولات التوزيع مرتفعة الحرارة ويصدر منها تشويش؟

٣ – هل المحركات التأثيرية يحدث لها انهيارات متكررة أو تكون ساخنة أثناء الدوران؟

٤ – هل أعطال مكثفات مرشح مخرج مصادر التغذية عند انقطاع التيار (UPS) تكون متكررة؟

٥ – هل تدفع فروقات لانخفاض معامل القدرة؟

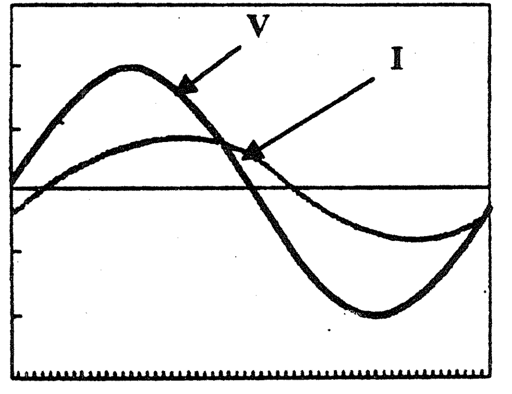
٦ – هل الساعات الكهربائية تدور أسرع؟

تيارات التوافقيات Harmonic Currents

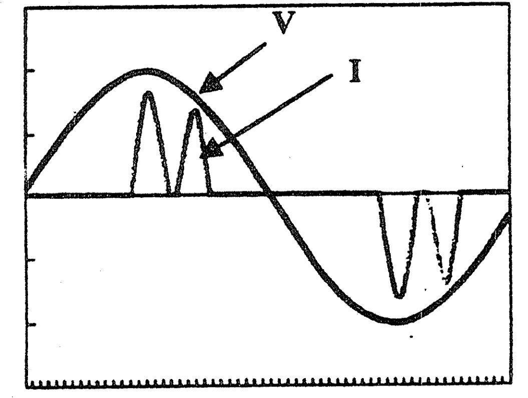
تسمى المعدات والأجهزة الالكترونية بالأحمال غير الخطية (non-linear loads) لأنها تسحب تيار غير جيبى (non - sinusoidal) . يوضح شكل (١١ – ٦) أ موجة جيبية للتيار والجهد لحمل خطى (Linear) بينما يوضح شكل (١١ – ٦) ب موجة تيار غير جيبية (non-linear) عرفت المواصفات القياسية العالمية (IEEE 519 - 1992) للتوافقيات بأنها «المركبات الجيبية لموجة دورية أو كمية تحتوى على تردد عبارة عن مضاعفات التردد الأساسى» .

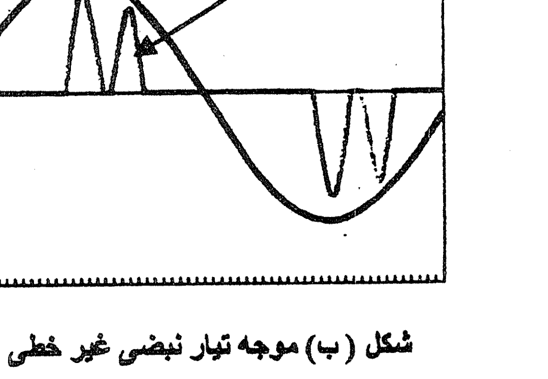
يوضح شكل (١١ – ٧) العلاقة بين التردد (٥٠ هرتز أو ٦٠ هرتز) ورقم التوافقيات (١، ٢ ، ٣ ، ....) فمثلاً التوافقية الخامسة لها ٥ موجات كاملة لكل موجة أساسية كاملة. لذا من الأهمية تذكر أن التوافقيات ظاهرة دورية (periodic) أى تشير إلى طبيعتها المستمرة.

يعتبر التيار المسحوب من الأحمال غير الخطية غنى جداً بالتوافقيات. يعتبر وجود التوافقيات دالة فى كل من نظام التوزيع وشكل دائرة (circuit configuration) الحمل المشوه.



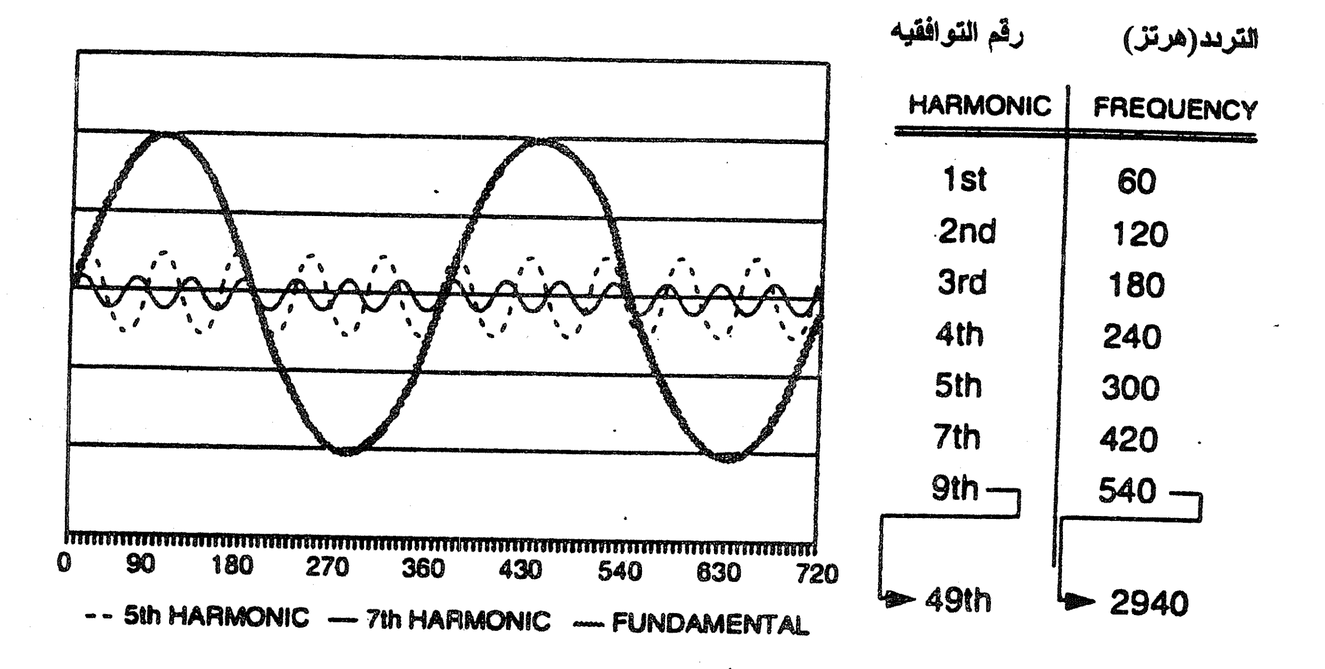
شكل (أ) العلاقة بين التيار والجهد لحمل خطي





شكل (ب) موجه تيار نبضى غير خطى

شكل (١١-٦) مقارنه بين التيار الخطى والتيار غير الخطى



رقم التوافقيه HARMONIC	التردد(هرتز) FREQUENCY
1st	60
2nd	120
3rd	180
4th	240
5th	300
7th	420
9th	540
49th	2940



شكل (١١-٧) العلاقه بين التردد ورقم التوافقيه

مصادر التوافقيات Source of harmonics

من أكثر المعدات الكهربائية المصدرة والمسببة للتوافقيات :

* أفران القوس الكهربى Arc furnaces .
* ماكينات اللحام Arc welding .
* مديرات السرعة المتغيرة Variable speed drive (VSD) .
* الحاسبات الكبيرة Large computers .
* نظم الإضاءة بالتفريغ Fluorescent and discharge lighting .
* موحدات التيار (AC/DC converters) .
* معدات التصوير.
* ماكينات الطباعة بالليزر.

أمثلة للأحمال غير الخطية المصدرة للتوافقيات:

تشوه التيار بالتوافقيات Harmonic current distortion

يعتمد تشوه التيار على سعة الحمل غير الخطى بالنسبة لسعة مصدر التغذية الكهربائية. عادة تعتبر معاوقة مصدر التغذية (أو المدخل) عامل مساعد لتخفيض تشوه تيار المدخل. لهذا فإن أحد طرق تخفيض التشوه هو إضافة ممانعة بالخط (line reactor) .

من أمثلة الأحمال غير الخطية المصدرة للتوافقيات:

(١) يوضح شكل (١١ – ٨) موجة تيار المدخل لمدير تردد متغير ذى ٦ نبضات (six - pulse variable speed drive VSD) ويبين جدول (١١ – ١) التوافقية الكلية للتيار طبقاً للقدرة KW أو HP .

جدول (١١ - ١)

توافقيات تيار المدخل لمدير تردد متغير ٦ نبضات

THDI%	القدرة	
	KW	HP
> 100	≤ 15	1 - 20
80 - 100	18 - 30	25 - 40
60 - 80	37 - 112	50 - 150
50 - 70	> 150	> 200

(٢) يوضح شكل (١١ – ٩) موجة تيار نبضي والتوافقيات المنفصلة لدائرة طريقة تحويل مصدر التغذية (switch - mode power supply) والتي تستخدم في الحاسبات الشخصية وأجهزة المراقبة وأجهزة الاتصالات... كذلك يبين شكل (١١ – ١٠) أ تيارات التوافقيات بالطور وبمسار التعادل.

(٣) دوائر الموحدات شائعة الاستخدام والموضحة بشكل (١١ – ١١) والتي تصنف إلى :

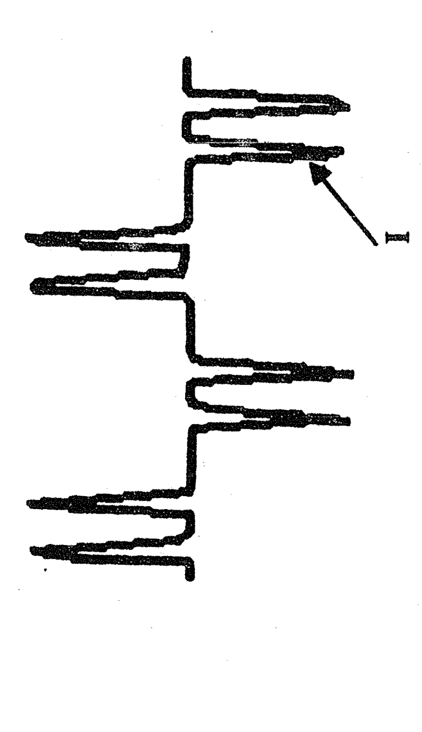
* موحد أحادي الطور (٢ – نبضة) (1 - phase 2 - pulse).

* موحد ٢ – نبضة قنطرة متكافأة (2- pulse equivalent bridge).

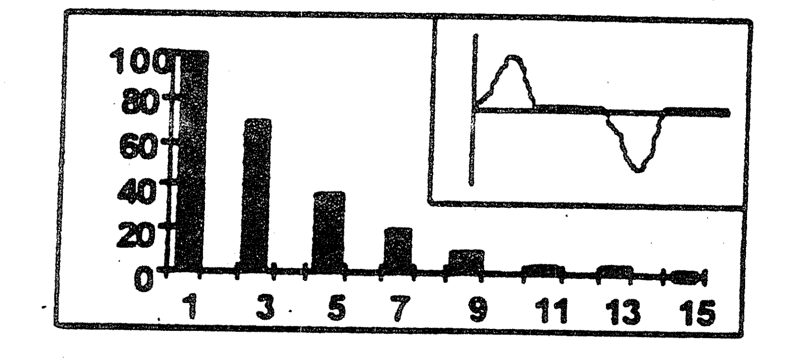
* موحد ثلاثة أطوار ٦ نبضات (3 - phase 6 - pulse).

* موحد ثلاثة أطوار ١٢ نبضة (3 - phase 12 - pulse).

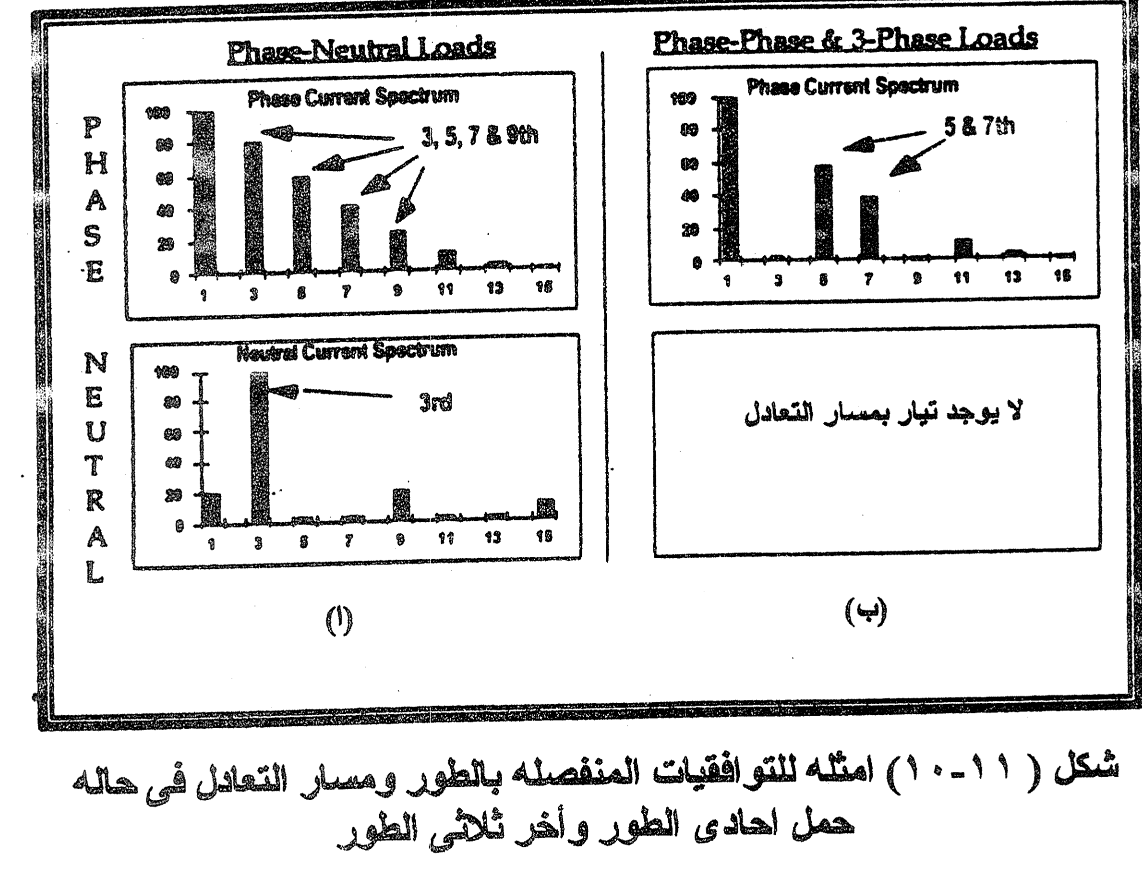
تعتمد التوافقيات الصادرة من دوائر الموحدات على عدد الموحدات (rectifiers) (أو عدد النبضات pulse) والتي تعرف بخصائص التوافقيات (Characteristic Harmonics).



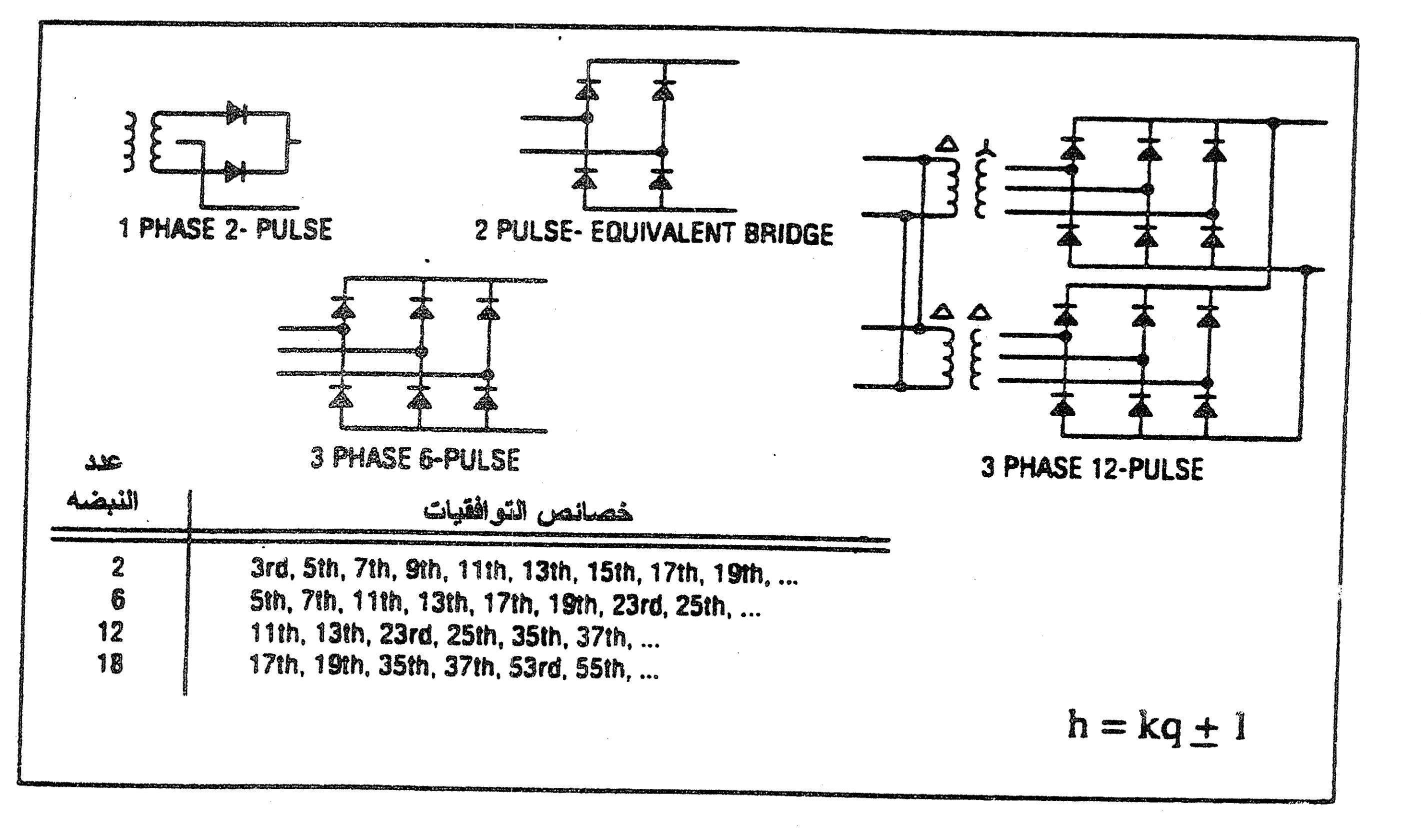
شكل (١١-٨) موجه تيار المدخل لمغير تردد متغير ذى ٦ نبضات



شكل (١١-٩) موجه تيار نبضى والتوافقيات المنفصله فى التيار لدائره تحويل مصدر التغذيه (احادى الطور)



شكل (١١-١٠) امثله للتوافقيات المنفصله بالطور ومسار التعادل فى حاله حمل احادى الطور وأخر ثلاثى الطور



عدد النبضه	خصائص التوافقيات
2	3rd, 5th, 7th, 9th, 11th, 13th, 15th, 17th, 19th, ...
6	5th, 7th, 11th, 13th, 17th, 19th, 23rd, 25th, ...
12	11th, 13th, 23rd, 25th, 35th, 37th, ...
18	17th, 19th, 35th, 37th, 53rd, 55th, ...

$$h = kq \pm 1$$

شكل (١١-١١) دوائر بعض أنواع موحدات التيار

يمكن تحديد التوافقيات الصادرة من دوائر الموحدات تبعاً للعلاقة :

$$h = Kq \pm 1$$

حيث : h = درجة التوافقية

K = رقم صحيح

q = عدد النبضات

يوضح الجدول بشكل (١١ - ١١) التوافقيات المقابلة لكل دائرة موحد.

ويلاحظ أنه كلما زادت عدد النبضات كلما حذفت التوافقيات المنخفضة ولكن تزيد تكلفة وتعقيد الدائرة الالكترونية للموحد. ويمكن استخدام الديودات (diodes) أو الثيرؤستورات (SCR).

يبين شكل (١١ - ١٠) ب توضيح للتوافقيات المنفصلة فى حالة موحد ثلاثى الأطوار ٦ نبضات . ويلاحظ عدم مرور توافقيات تيار بمسار التعادل.

كيف تسبب توافقيات التيار تشوه موجة الجهد؟

يحدث التشوه فى موجة الجهد نتيجة مرور التيار المشوه بالتوافقيات، والمتولد من الأحمال غير الخطية، خلال معاوقة (impedance) الشبكة الكهربائية. يتكون التيار المشوه بالتوافقيات من مجموعة من التيارات المنفصلة كل منها عند تردد توافقية، مثلاً تيار التوافقية الثالثة I_3 .... ، مرور تيار عند أى تردد خلال المعاوقة سوف ينتج هبوط فى الجهد (voltage drop) فى الشبكة عند نفس التردد. طبقاً لقانون أوم فإن :

$$V_h = I_h * Z_h \quad \text{.....................} \quad (1)$$

حيث :

V_h = جهد درجة التوافقية h (مثلاً : V_2 , V_3 ....).

I_h = تيار درجة التوافقية h (مثلاً : I_2 , I_3 ....)

Z_h = معاوقة النظام عند درجة التوافقية h .

يؤدى تراكم تأثير الهبوط فى الجهد عند كل تردد إلى تشوه موجة الجهد، ويعرف التشوه الكلى للجهد بأنه جذر متوسط مربعات الهبوط فى جهد التوافقيات والذى يعبر عنه بالعلاقة :

$$THDV\% = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \ldots\ldots}}{V_1} \times 100 \ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث : V_2 ، V_3 ، V_4 .... هو الهبوط فى الجهد عند درجة التوافقية ٢ ، ٣ ، ٤ ، ... على التوالى. وعلى ذلك فإن تشوه الجهد يكون بدلالة كل من معاوقة النظام وكمية تيار التوافقيات المارة بالشبكة. تؤثر قيمة معاوقة الشبكة على مستوى تشوه موجة الجهد، فمثلاً المعاوقة العالية للنظام (والتى ترجع إلى أطوال الكابلات، المعاوقة العالية للمحولات والمولدات ...) تؤدى إلى ارتفاع مستوى تشوه موجة الجهد.

تعتمد العلاقة الأساسية بين تشوه التيار وتشوه الجهد على شكل الموجات نفسها.

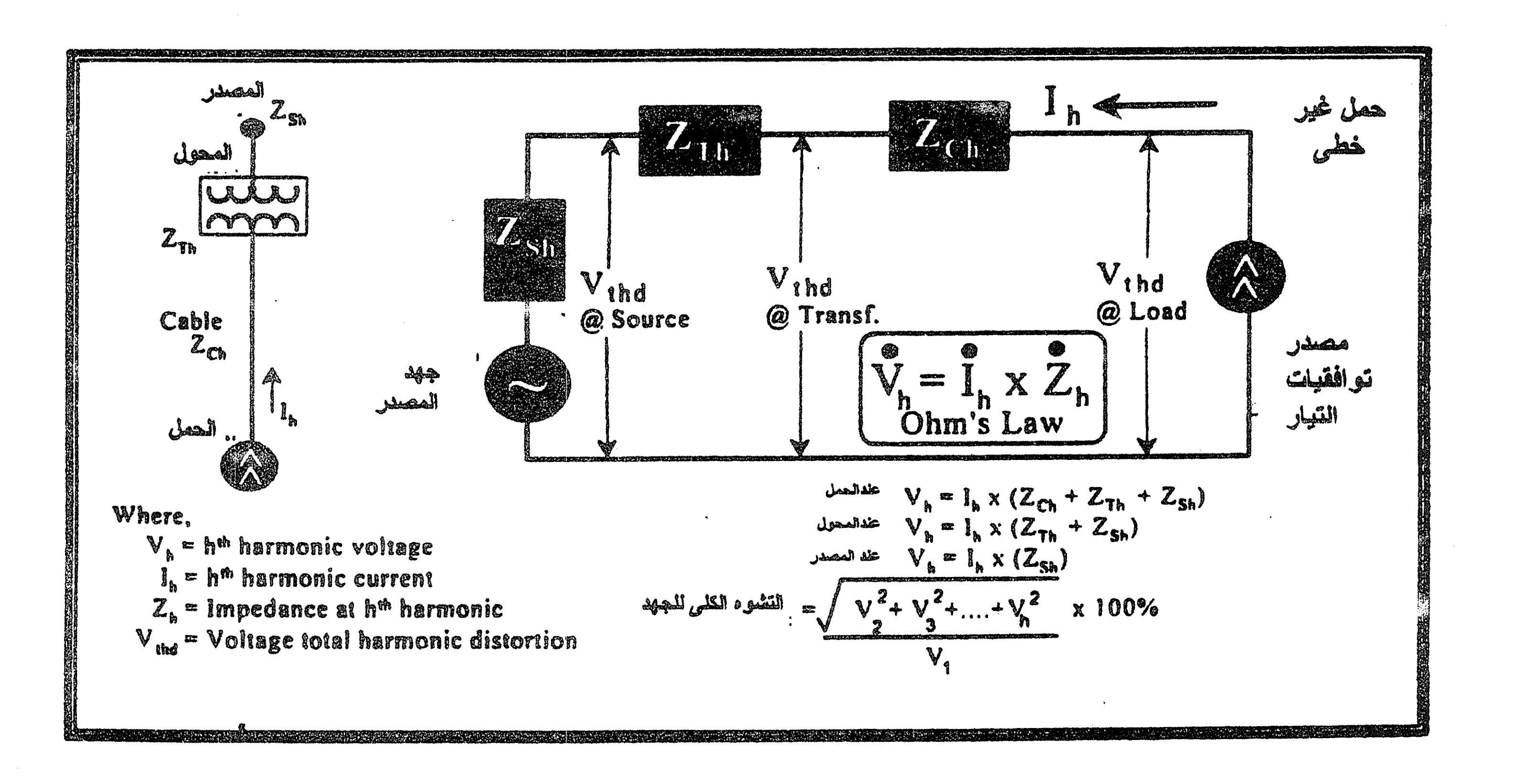
يوضح شكل (١١ – ١٢) العلاقة بين معاوقة النظام وتشوه موجة الجهد.

بفرض أن الدائرة المغذية لحمل غير خطى مصدر للتوافقيات تتكون من كابل ومحول وبتطبيق المعادلة رقم (١) تحصل على :

هبوط الجهد عند الحمل = $V_h = I_h\,(Z_{ch} + Z_{Th} + Z_{sh})$

هبوط الجهد عند المحول = $V_h = I_h\,(Z_{Th} + Z_{sh})$

هبوط الجهد عند مصدر التغذية = $V_h = I_h\,(Z_{sh})$



شكل (١١-١٢) تمثيل العلاقه بين المعاوقات بين الحمل والمصدر وبين تشوه موجه الجهد

$$THDV\% = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots\dots\dots V_h^2}}{V_1} \times 100$$

وباستخدام النسبة المئوية تحصل على العلاقة :

$$\text{هبوط الجهد عند الحمل} = V_h(\%rms) = \frac{I_h(\%rms) \times [Z_{ch}(\%) + Z_{Th}(\%) + Z_{sh}(\%)]}{100}$$

$$\text{هبوط الجهد عند المحول} = V_h(\%rms) = \frac{I_h(\%rms) \times [Z_{Th}(\%) + Z_{sh}(\%)]}{100}$$

$$\text{هبوط الجهد عند مصدر التغذية} = V_h(\%rms) = \frac{I_h(\%rms) \times [Z_{sh}(\%)]}{100}$$

حيث :

V_h (%rms) = تشوه الجهد، بين الخط ومسار التعادل، عند الدرجة h (بوحدات: %rms) .

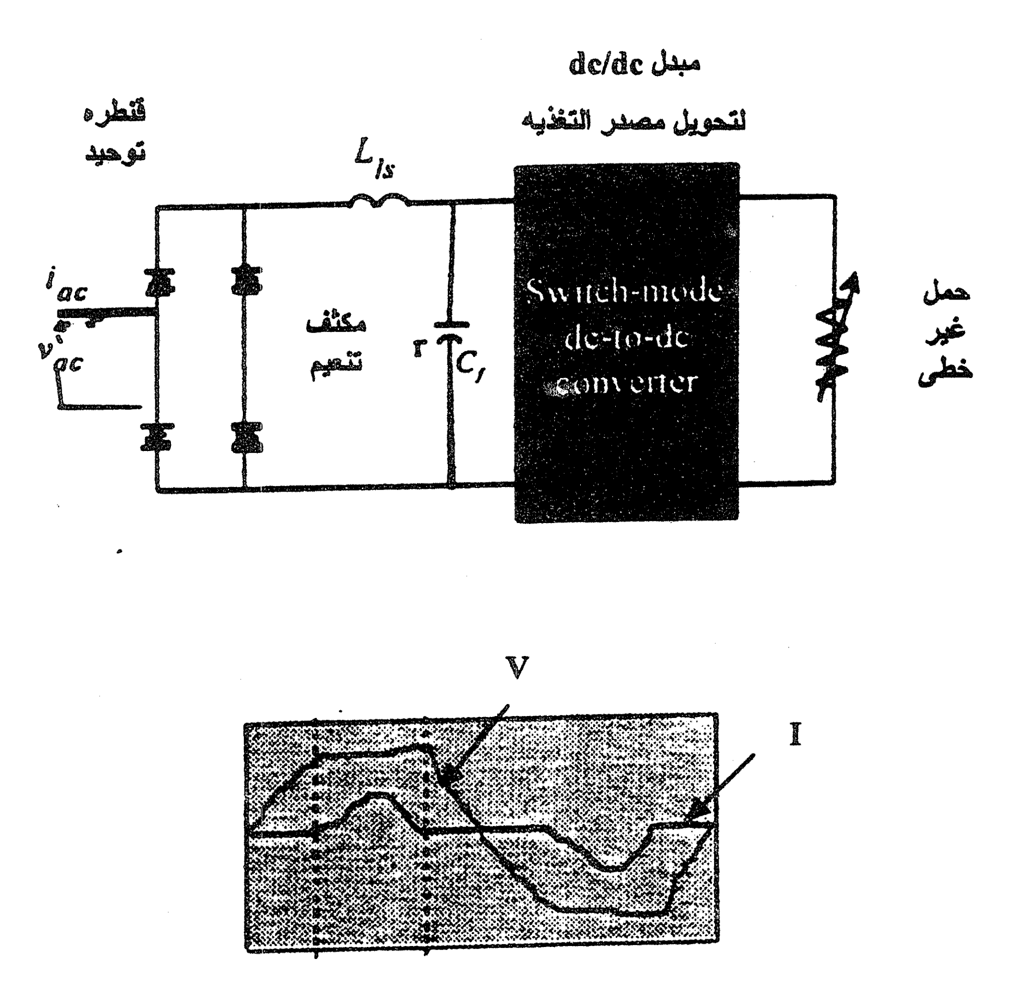
I_h (%rms) = تيار التوافقية h (بوحدات : %rms) .

Z_{Th} (%) = معاوقة المحول عند التوافقية h (بوحدات : %) .

Z_{sh} (%) = معاوقة المصدر عند التوافقية h (بوحدات : %) .

Z_{ch} (%) = معاوقة الكابل عند التوافقية h (بوحدات : %) .

يوضح شكل (١١ - ١٣) مثال للعلاقة بين تيار نبضى (غير خطى) والجهد المشوه بالتوافقيات نتيجة هذا التيار وذلك لحمل غير خطى عبارة عن دائرة جهاز لطريقة تحويل مصدر التغذية switch - mode power supply)



شكل (١١-١٣) العلاقه بين تيار نبضى والجهد المشوه بالتوافقيات

(SMPS) . هذا الجهاز يسحب تيار فقط خلال ذروة موجة الجهد بينما يكون مكثف التنعيم (smoothing capacitor) فى حالة الشحن. عند تسليط هبوط الجهد (voltage drops) خلال باقى الدورة، يحدث تفريغ للمكثف لمساندة الحمل تسبب نبضات التيار التى تعيد شحن المكثف هبوط فى الجهد الذى يقطع جزء من ذروة موجة الجهد أو يجعلها قمة مسطحة.

تأثير التوافقيات علي بعض المعدات الكهربائية:

١ - المحركات (Motors)

تعتبر المحركات من المعدات الحساسة لتشوه موجة الجهد. عند إثارة المحرك بجهد مشوه، ستدخل جهود ذات ترددات أعلى إلى العضو الثابت (stator). وهذا يخلق تيارات توافقيات بالملفات والتى بدورها تسبب عدة مشاكل.

أولاً : تيارات الترددات العالية تسبب ارتفاع درجة حرارة التشغيل بالملفات نتيجة مفقودات التيارات الدوامية (eddy current losses)، لاتعتمد هذه الدرجات الأعلى على مستوى التيار (rms)، لذا فإن المحرك تزيد درجة حرارته حتى لو لم يكن محملاً بالحمل الكامل.

ثانياً : يمكن أن تنتج جهود التوافقيات اهتزازات زائدة لكل من المحركات الأحادية والثلاثية الأطوار.

تؤدى هذه الاهتزازات إلى تمزق واحتكاك أكبر من المعتاد على كراسى التحميل (bearings) والتى يمكن أن تؤثر على عمل محور المحرك.

أصبحت المحركات ذات السرعة المتغيرة (variable speed motors) شائعة الاستخدام. وعادة يكون المحرك ومتحكم المدير الالكترونى (electronic drive controller) فى نفس العبوة أو الهيكل ومن نفس البائع. إذا تم إضافة مدير

سرعة منفصل إلى محرك شغال، عندئذ يجب التأكد من جودة الجهد الخارج من مدير السرعة والمغذى للمحرك.

ويجب ألا يفوتنا أن متحكم المدير الالكترونى هو عبارة عن معدة الكترونية. والتى تكون لها حساسية لاضطرابات جودة التغذية وفى نفس الوقت هى مصدر لتوافقيات التيار.

زيادة التيارات المشوهة بالتوافقيات بالشبكة الكهربائية يؤثر على الأحمال الأخرى وتتعرض الشبكة نفسها لمشاكل أكثر خطورة.

٢ - المعدات الالكترونية Electronic Equipment

على الرغم من أن المعدات الالكترونية تعتبر من المصادر الرئيسية لتوافقيات التيار، فإنها أيضاً تكون ضحية للتوافقيات. يمكن أن تتداخل التيارات المشوهة مع سريان البيانات . كما فى حالة انتقال التيار المتردد (AC) خلال الموصل والذى يولد مجال كهرومغناطيسى (electromagnetic field) فإن تردد التيارات الأعلى (نتيجة وجود التوافقيات)، يصاحبها مجال كهرومغناطيسى بترددات أعلى. هذه المجالات يمكن أن تعوق سريان البيانات مسببة ضياع البيانات وخطأ البيانات ومعدلات نقل أبطأ للبيانات.

تبعاً لمعاوقة النظام يمكن أن تؤدى تيارات التوافقيات إلى ظهور جهود التوافقيات.

يؤثر تشوه موجة الجهد فى تشغيل الشبكة الكهربائية مسبباً انهيار مكونات الشبكة، وإعادة التشغيل (restarts) ، ومدة التوقف (downtime) .

تسبب متحكمات مديرات السرعة المتغيرة ثلاثية الأطوار تشوه لموجة الجهد والتى تعرف بنقرات الخط (line notching) . هذه النقرات تؤدى إلى انهيار جميع دوائر المؤقتات (timing circuit) حيث أنها تخلق نقط تقاطع صفرية (zero crossing) إضافية على موجات الجهد.

٣ - الإضاءة Lighting

اعتماداً على نوع نظام الإضاءة المستخدم، يمكن أن تكون الإضاءة ضحية للتشوه بالتوافقيات أو أن تكون المتهم فى وجود التوافقيات أو الاثنين معاً. جميع أنواع الإضاءة غير المتوهجة تكون مصدراً للتوافقيات وتولد نظم الإضاءة بالفلورسنت والتفريغ عالى الشدة (HID) توافقيات كلية فى التيار (THDI) حوالى من ١٥ ٪ إلى ٢٠ ٪ . وتولد كابحات التيار الالكترونية (electronic balasts) من ١٠ ٪ إلى أكثر من ٤٠ ٪ توافقية كلية فى التيار، اعتماداً على تصميمها. هذا يعنى أن استخدام هذه النظم من الإضاءة تولد توافقيات تيار فى شبكة التغذية الكهربائية.

وحيث أن هذه الإضاءة موجودة فى أغلب الأماكن، فإنه يمكن القول بأن توافقيات التيار موجودة فعلاً فى جميع الأنشطة.

وعلى ذلك، فإن وجود تشوه التيار لايتحول بالضرورة إلى مشكلة. تنتج المشاكل فقط عندما يكون لتشوه التيار تأثير غير مرغوب على الأجهزة والمعدات، غالباً لايسبب تشوه التيار الناتج من الإضاءة مشكلة.

يمكن أن تشير تيارات مسار التعادل العالية لوجود توافقيات التيار، إذا اجتاز تيار مسار التعادل هذا الموصل، فيمكن أن تتخلق جهود شديدة صارمة. هذه الجهود يمكنها بسهولة إحداث إنهيار بنظم الإضاءة. وعلى ذلك فإن تشوه التيار يؤثر تأثيراً غير مباشراً على النظام.

٤ - معدات شبكة التوزيع Distribution Equipment

يرتبط عمل مكونات شبكات التوزيع مباشرة بالتيار المار بها وبالتالى فإن حساسيتها لتيار التوافقيات يكون أيضاً مرتبطاً بها، وعلى ذلك يجب أن يؤخذ فى الاعتبار بعض النقاط الهامة الآتية :

* يجب قياس تشوه التيار والجهد بأجهزة تقيس جذر متوسط المربعات (rms) الفعلية. إن لم يتحقق ذلك، وكان جهاز القياس من نوع القراءات المتوسطة (averaging - type meter) فإن القراءات ستكون غير دقيقة بشدة.

* يجب تغيير مفهومنا لتحميل المحولات. فإذا كان المحول محمل بتيار مشوه بالتوافقيات فإن الحرارة المتولدة من التيار ستكون أكبر مما لو كان المحول محمل بتيار موجه جيبية نقية. أى أن المحول سترتفع درجة حرارته حتى لو لم يكن محملاً بالحمل الكامل. عندئذ يجب تخفيض حمل المحول (derating) أو استخدام المحولات ذات العامل k (K - rated transformers).

* أحياناً يقال أنه إذا كانت تيارات الأطوار الثلاثة متساوية للتوصيلة نجمة (3-phase wye) فإنه لن يمر تيار بمسار التعادل. ولكن عند وجود توافقيات التيار فإن بعض درجات التوافقيات تمر بمسار التعادل مؤدية إلى ظهور تيارات عالية بمسار التعادل على الرغم من تساوى تيارات الأطوار الثلاثة.

* ارتفاع التيار لموصل الطور الواحد لأعلى من ٢٠٠ ٪ أصبح محتمل الحدوث. نلاحظ أخيراً أن تيارات التوافقيات يمكن أن تسبب التشغيل الخاطئ لقواطع التيار والمصهرات. فعلى الرغم من أن التيار لم يتعدى حدود تشغيلهم، إلا أن القاطع يفصل. يفسر هذا بأن مستوى التيار المقاس قيس بأجهزة من نوع القراءات المتوسطة (averaging meter)، فبينما يشير جهاز القياس إلى أن التيار ١٥ أمبير، تكون القيمة الدقيقة أكبر من ٢٧ أمبير، أى أن عمل قاطع التيار حقيقى بينما عمل جهاز القياس غير دقيق وغير حقيقى.

تأثير توافقيات التيار:

- زيادة المفقودات فى مكونات شبكة التغذية ولدى المستهلك.

- تكون للمحولات حساسية ضد توافقيات التيار حيث أن المحولات التقليدية غير مصممة لتغذية أحمال تحتوى على التوافقيات.

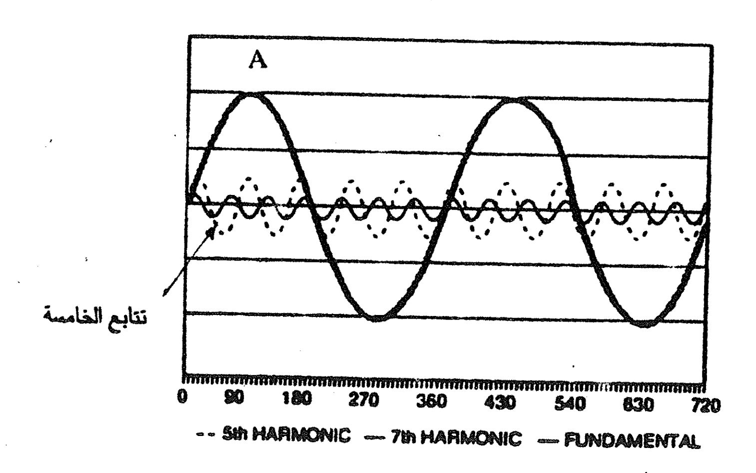
عند زيادة التوافقيات فيجب تقليل تحميل المحولات باتباع المواصفات القياسية.

- الأحمال ذات توافقيات التيار العالية تكون مصحوبة بانخفاض معامل القدرة لأنها تستخدم سعة مصدر تغذية أعلى وتسحب حمل زائد. مثلاً مديرات السرعة القابلة للضبط ASD ذات مصدر الجهد الالكترونى Voltage source electronic ASD يكون لها معامل قدرة حوالى ٦٥٪ لأن التيار مشوهة بالتوافقيات العالية. وباستخدام ملف line - side chockes (reactor) مع المدير يرتفع معامل القدرة إلى ٨٥٪ . حيث أن الملف يحد معدل زيادة أقصى تيار للخط وبالتالى يقلل التشوه الكلى فى التيار.

- توافقيات التيار تؤدى إلى تشوه موجة الجهد وبالتالى ظهور توافقيات الجهد.

تأثير توافقيات الجهد:

- تؤثر فى الأحمال الالكترونية الحساسة
- تؤثر فى المحركات الكهربائية
- تؤثر فى لوحات المكثفات



فى المحركات الكهربائية تكون توافقيات التتابعية السالبة -ve sequence harmonics (5th ACB , 11th ACB , 17th ACB) [والتى سميت بذلك لأن تتابعها فى عكس اتجاه التتابع الرئيسى] تسبب حدوث مجالات مغناطيسية دوارة. هذه المجالات تدور فى عكس اتجاه المجال المغناطيسى الأساسى مؤدياً ليس فقط إلى سخونة زائدة ولكن أيضاً إلى اهتزازات ميكانيكية (mechanical oscillations) فى نظام تحميل المحرك (motor - load system) بالنسبة لمشاكل لوحات المكثفات ، لأن ممانعة (أو معاوقة) المكثفات تقل عند زيادة التردد. هذا يؤدى إلى أن يصبح المكثف كمصيدة أو مصرف لتوافقيات التيار العالية الصادرة من الشبكة الكهربائية أو من المشتركين المحيطين. تأثير ذلك يكون زيادة التيار، سخونة زائدة، إجهادات للعزل الكهربى وفى النهاية إنهيار المكثف.

الباب الثاني عشر

قوائم فحص تحليل جودة التغذية الكهربائية بالنشآت الصناعية والتجارية

Power Quality Analysis Checklist

(Electrical Disturbance Log)

تحتوى قوائم الفحص على عدة أسئلة ، تملء بمعرفة مسئول المنشآة التى تعرضت لاضطرابات جودة التغذية الكهربائية ويجب الإجابة على هذه الأسئلة بدقة حيث أنها تساعد فى تحديد وتحليل الآتى:

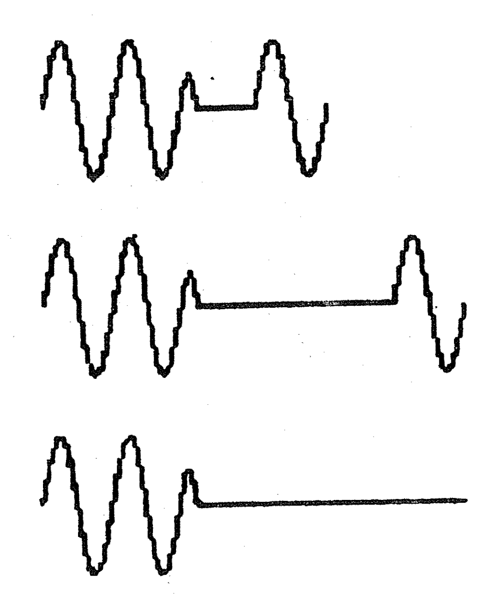
- طبيعة المشكلة
- حساسية المعدات والأجهزة لاضطرابات جودة التغذية
- زمن انقطاع التغذية الكهربائية.
- قيمة تكلفة انقطاع التغذية الكهربائية.
- الخسارة الحادثة بالمنتج.
- ....
- ....

ويكون الغرض من هذه القوائم:

- تحديد المشكلة.
- المساعدة فى اختيار العلاج المناسب.

ومع الاهتمام واستمرارية استخدام هذه القوائم يمكن إنشاء قاعدة بيانات للمشاكل الحادثة بالمنشآت الصناعية والتجارية وامكانية تحديد تكلفة الانقطاعات والمشكلات. بالإضافة إلى تدعيم وتوثيق العلاقة بين مستهلكى الكهرباء وبين مرافق وهيئات وشركات الكهرباء..

توضح النماذج (١)، (٢) ، (٣) ، (٤) ، (٥) بعض أنواع قوائم فحص تحليل جودة التغذية الكهربائية.



نموذج (١)

قائمة فحص تحليل جودة التغذية الكهربائية

(Power Quality Analysis Checklist)

قبل الاتصال بمسئولي جودة التغذية الكهربائية يجب تجهيز هذه البيانات:

* اسم وتليفون الأشخاص المسئولين عن إعطاء بيانات بخصوص المشكلة.
* قائمة بجميع الأجهزة التي تعرضت للمشكلة.
* تاريخ المنشأة، ونظام الكهرباء، والمعدات التي تأثرت بالمشكلة.
* تحديد زمن وفترة الحدث.
* هل حدثت المشكلة أثناء عواصف رعدية؟
* هل يبدو حدوث المشاكل عشوائياً ؟
* هل تحدث مشكلات متعددة في نفس الوقت (مثلاً : هل يحدث ارتعاش للإضاءة مع هبوط في سرعة المحرك في نفس وقت فصل النظام) ؟
* هل التوصيلات والأراضي تبعاً للمواصفات القياسية ؟
* هل يوجد تجديدات أو توسيعات أو إنشاءات جديدة في المنشأة صاحبت حدوث الاضطرابات؟
* هل المنشآت المجاورة تعرضت لنفس المشاكل ؟
* هل توجد لديك أو لدى مجموعة العمل أية فكرة فيما يتعلق بالمصادر المحتملة المسببة للمشكلة ؟

* هل هذه المعدات تتغذى من نفس المصدر : ماكينات التصوير، ماكينات اللحام، تكيفات الهواء الكبيرة ؟

* هل يوجد بالمنشأة مصدر قدرة للحالات الاضطرارية (UPS) ؟

* هل يوجد بالمنشأة خامد للموجات العارمة (surge suppressors) أو تكيفات قدرة (power conditioners) ، وأين أماكن تركيبها؟

* هل أجهزة القياس التالية متاحة بالمنشأة : ڤولتميتر، بنز أمبير، أطراف قياسات، مراقب اضطرابات القدرة، كاميرا أشعة فوق حمراء ؟

* هل تعرضت لأخطاء فى البيانات (data errors)، وفصل النظام ؟

* هل تعرضت لفقد البرامج (programs losses) وأعطال الأجهزة؟

* هل الاضطرابات أوقفت أو أبطأت الإنتاج؟

* هل تعرض الإنتاج لمشاكل الجودة ؟

* هل تعتبر الحالة كمشكلة فقط أم أكثر إزعاجاً ؟

* هل المشكلة الحادثة مكلفة، إذا كانت مكلفة فكم ؟

* ماهى فترة استرداد استثماراتك، هل أنفقت أكثر مما تحتاج لحل المشكلة؟

* هل متاح لدى المنشأة رسومات الدوائر الكهربائية؟

نموذج (٢)

قائمة الفحص الذاتية لحل مشاكل التغذية الكهربائية للأجهزة الحساسة

A self checklist to solve power Problems for sensitive Equipment

١ - هل واجهت أى من هذه المشاكل ؟

* انهيار المعدات Equipment failure
* ضياع التغذية Loss of circuit boards
* مشاكل مصدر التغذية Power supply problems
* وشيجة النظام System lockout
* إعادة التشغيل الآلى Automatic resets
* ضياع الذاكرة Loss of memory
* خطأ بالبيانات Data errors

يمكن أن تكون هذه المشاكل نتيجة انهيار البرامج (software) أو المعدات (hardware) ولكن أيضاً يمكن أن ترجع إلى مشاكل تخص مصدر التغذية.

فيما يلى نستعرض قائمة فحص تساعد فى اتخاذ الخطوات الأولى لتحديد وعلاج أكثر مشاكل الكهرباء شيوعاً :

دون بقائمة الاضطرابات Keep a trouble log

سجل التغيرات :

* هل تم إضافة أو تغيير أى جهاز أو معدة كهربائية ؟

* هل تم أى عمل حالياً فى الشبكة الكهربائية ؟

سجل الزمن:

* متى تمت تركيبات المعدات والأجهزة ؟

* متى ظهرت المشكلة ؟

* ماهو زمن حدوث المشكلة ؟

* هل تحدث المشكلة بصورة منتظمة ؟

سجل الأعمال الأخري:

* ماذا حدث أيضاً فى نفس وقت حدوث المشكلة ؟

* هل تم تشغيل أجهزة أخرى ؟

* هل توجد أحمال كبيرة مستمرة فى التشغيل ؟

* هل حدث ارتعاش للإضاءة ؟

* هل يوجد أية انقطاعات لمصدر التغذية ؟

سجل أية أجهزة أخري تأثرت :

* ماهى الأجهزة الأخرى التى تعرضت لنفس المشكلة ؟

* هل هى مثلها تماماً ؟

* هل هى مصنعة من نفس المصدر ؟

* هل هى من نفس مصدر التغذية؟

فكر في البحث عن:

افحص واكشف ظاهرياً :

* هل يمكن أن تكون المعدات المجاورة على نفس الدائرة هى مصدر الاضطراب؟

* هل فصل قاطع التيار أو حدث زيادة سخونة لقواطع التيار والمحولات؟

* هل حدث انهيار للعزل (charred insulation) أو حدث حريق نتيجة قوس كهربى؟

هذه الملاحظات يمكن أن تدل على الاحتياج لمساعدة مسئول الكهرباء :

ابحث عن :

* ماسورة bond تأريض التعادل، يجب أن تكون واحدة فقط لمدخل الخدمة الرئيسى.

* مقاومة تأريض ذو قيمة منخفضة ومناسبة.

* التوصيلات غير سليمة، غير مناسبة، مفكوكة.

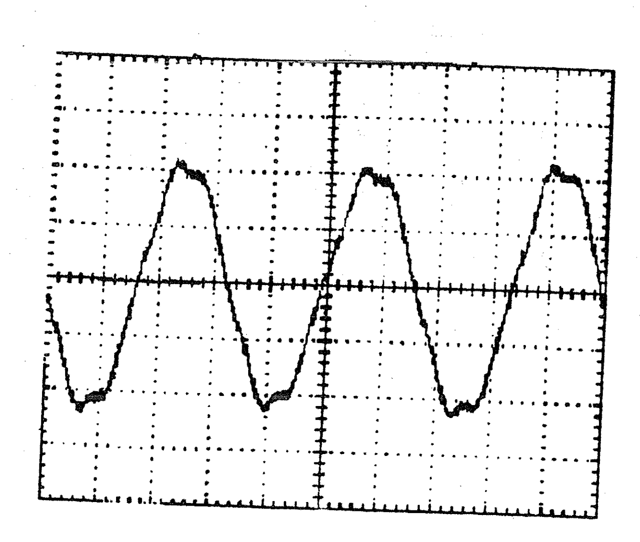
سجل القياسات الآتية:

* استخدم ڤولتيمتر (RMS) للتأكد من أن الجهد فى حدود مواصفات التصنيع. تعمل أغلب المعدات فى الحدود + ٦ ٪ إلى - ١٣ ٪ من الجهد العادى. وتعتبر هذه مواصفات محلية.

* افحص اتزان تيارات وجهود الأطوار لجميع الموصلات. يجب أن يكون عدم اتزان التيار أقل من ١٠ ٪ ، ويكون عدم اتزان الجهد أقل من ٢,٥ ٪.

* افحص تيارات موصلات الأرضى ونقطة التعادل. يشير وجود تيار بالأرضى إلى أنه توجد مشكلة فى الأرضى أو التوصيلات.

* افحص جهد نقطة التعادل والأرضى باستخدام ڤولتيمتر (RMS) . يدل وجود جهد بين نقطة التعادل والأرضى بقيمة أعلى من ٥ ڤولت إلى احتمال وجود مصدر للاضطرابات.



نموذج (٣)

قائمة فحص جودة التغذية الكهربائية

Power Quality Check List

١ – ماهى الأجهزة التى تواجه أو تتعرض للمشاكل ؟

(النوع ، المكان ، ......) .

٢ – ماهى طبيعة المشكلة ؟

(ضياع البيانات (data loss) ، اقفال (lockup) ، انهيار مكونات (component damage) ، ارتعاش الضوء (flickering lights) ....) .

٣ – متى تحدث المشاكل ؟

(أى ساعة فى اليوم ، اليوم ، تشغيل النظام ....) .

٤ – منذ متى حدثت المشكلة ؟

(منذ إنشاء المنشأة، حدثت حالاً ، موسمية .....) .

٥ – هل حدثت مشاكل أخرى فى نفس وقت هذه المشكلة ؟

(ارتعاش الضوء ، التوقف البطئ للمحرك ....) .

٦ – هل المصادر المحتملة للمشاكل فى نفس الموقع ؟

(ماكينات لحام بالقوس، مكيفات الهواء، ماكينات الطباعة ....) .

٧ – ماهى الحماية الحالية للمعدات ؟

(خامد الموجات العارمة surge suppressor ، محول عزل isolation transformer...) .

٨ – هل لأجهزة الحماية دور مساعد فى حل المشكلة ؟

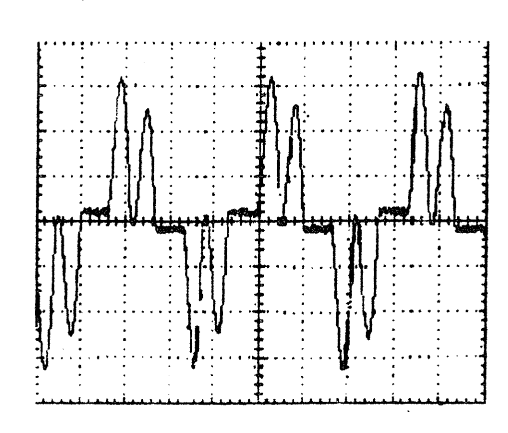
(تحسن الوضع ، لايحدث تأثير ، الوضع أسوأ ..).

٩ – هل تم فحص التوصيلات والأراضى للمبنى ؟

(توصيلات غير جيدة ، توصيلات غير مناسبة، توصيلات سيئة الجودة، معاوقة مرتفعة القيمة ....).

١٠– هل تم فحص وقياس جهد المصدر ؟

(باستخدام عدادات لقياس rms).



نموذج (٤)

سجل متابعة الاضطرابات الكهربائية

أثناء العمليات الصناعية

Electrical Disturbance Log

- اسم المصنع أو المنشأة:

- طبيعة النشاط :

التاريخ	الساعة	الجهاز أو المعدة التى تأثرت بالاضطرابات الكهربائية *	فترة انقطاع التيار			حالة الجو**
			أقل من ٢ ثانية	من ٢ - ١٢٠ثانية	أكثر من ٢ دقيقة	

* مثلاً : أى معدة حدث بها عطل أو تسبب فى ضياع بيانات مخزنة أو توقف الحاسب الآلى ....

** مثلاً : فى حالة وجود تقلبات فى الجو فقط : رعد - صواعق - رياح شديدة.........

نموذج (٥)

قائمة الاضطرابات الكهربائية لنظم التصنيع

Electrical Disturbance Log

for manufacturing systems

لا	نعم	هل تعرضت للآتى :
		– انقطاعات ومشاكل بمديرات التردد المتغيرة Variable Frequency drive problems , and shutdowns
		– مشاكل بدوائر التحكم وانهيار الموحدات Rectifier failure , and control problems
		– مشاكل بنظم التحكم Automated system problems
		– انهيار مكثفات القدرة Power capacitor bank failure
		– الفصل المتقطع لقواطع التيار Intermittent breaker tripping
		– مشاكل نتيجة وجود التوافقيات Harmonic problems
		– سخونة زائدة للمحولات والمحركات Overheating transformers & motors
		– انهيارات نتيجة التعرض للصواعق Lightening damage
		– مشاكل أخرى – وصفها : Other - Describe :

الباب الثالث عشر

علاج اضطرابات جودة التغذية الكهربائية

مقدمة:

من الطبيعى أن يتغير جهد التغذية لأحمال المنشأة بثبات، وذلك نتيجة التغير الطبيعى والعادى للأحمال ولتشغيل شبكات النقل والتوزيع.. بالإضافة إلى أسباب أو عوامل أخرى مثل الحالة الجوية المحيطة ...

عادة هذه التغيرات فى الجهد لاتسبب أية مشاكل للمعدات أو العمليات أو الأنشطة.. ولكن فى بعض الأجهزة والمعدات الالكترونية الحساسة فإن التغير والتقلب فى الجهد يمكن أن يؤدى إلى انهيارات وتشغيل خاطئ وسيئ.. ولذا فإن المنشأة الصناعية أو التجارية تكون مسئولة عن تجهيز أجهزة الحماية التى تحتاجها المعدات الحساسة والتى تتأثر بهذه التغيرات أو التقلبات بالجهد..

كلما تطورت صناعة التقنيات الالكترونية وزاد وانتشر استخدامها، كلما زادت حساسية المعدات (الأحمال) للتغير والتقلب بالجهد وأصبح موضوع جودة التغذية الكهربائية هاماً ...

وقد اهتمت الصناعة بتصميم وتصنيع أجهزة الحماية والعلاج لمشاكل جودة التغذية الكهربائية مثل : خامدات الجهود العابرة (surge suppressors) ، مولدات الطوارئ (emergency power generators) ، تكيفات القدرة (Power conditioners) ، نظم البطاريات الاحتياطية (battery backups)، منظمات الجهد (voltage regulators).. ومن الأهمية فهم طبيعة واستخدام وخصائص هذه الأجهزة عند اختيارها للعلاج.

تحدث مشاكل جودة التغذية الكهربائية داخل المنشأة نتيجة أخطاء بالتوصيلات الكهربائية ونظم التأريض وإن إصلاح هذه الأخطاء إما أن يحسن الوضع الكلى أو أن يعالج المشكلة . وقد تعرضنا لذلك بالباب الثالث.

يوجد عاملان هامان يجب ألا يغفلا هما :

– فهم المشكلة قبل تطبيق الحل المختار (مثلاً لايساعد استخدام محول العزل إذا كانت المشكلة انحدارات بالجهد......).

– إن استخدام أجهزة أو معدات العلاج يمكن أن يؤثر على النظام.

خطوات علاج اضطرابات جودة التغذية:

١ – تحليل قوائم فحص جودة التغذية الكهربائية بالمنشآت الصناعية والتجارية (تحت الدراسة). (راجع الباب الثانى عشر).

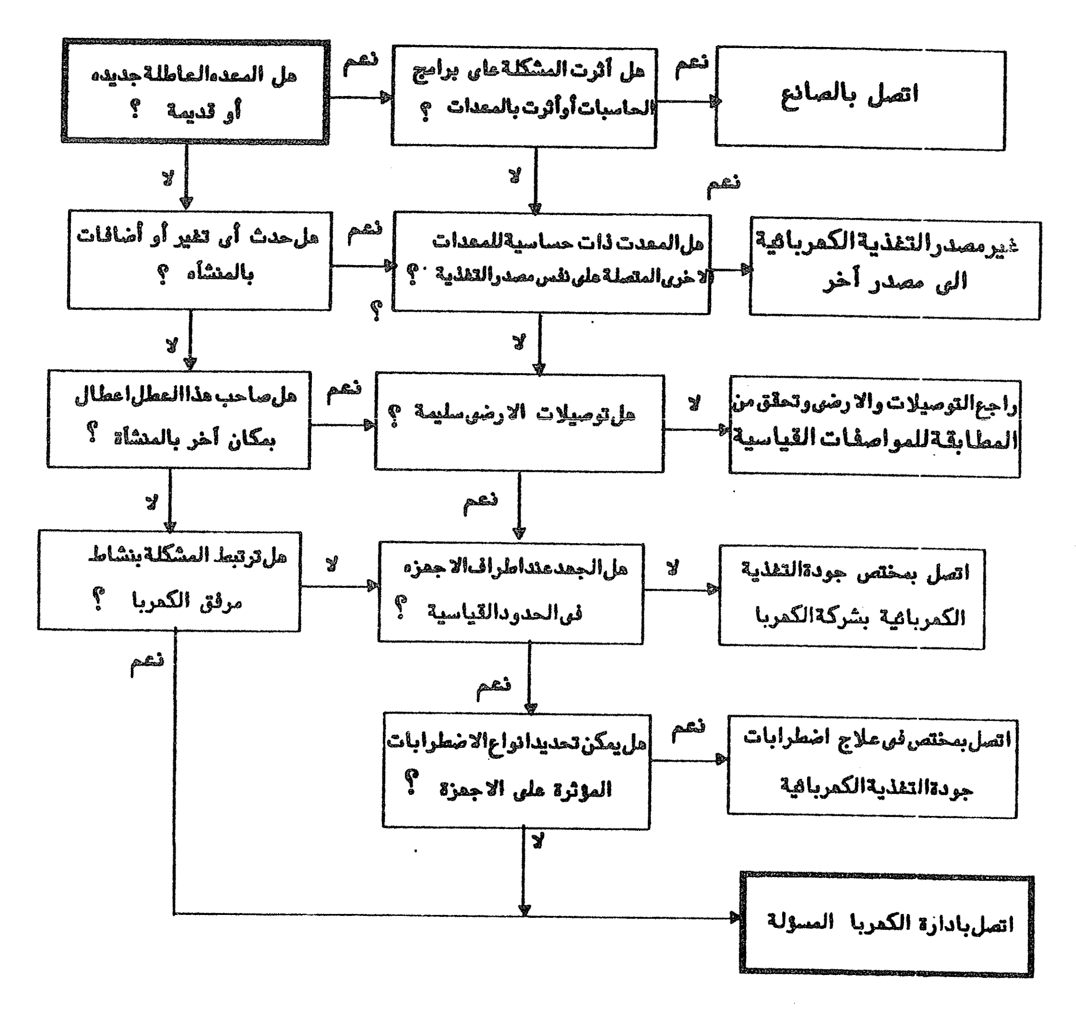
٢ – إجراء قياسات – فى الزمن الحقيقى – لمتغيرات جودة التغذية الكهربائية مثل : ارتفاع وانخفاض الجهد، انحدار الجهد، إرتخاء الجهد، التوافقيات .... وذلك باستخدام أجهزة متنقلة أو ثابتة لها حساسية لقياس اضطرابات مصادر التغذية الكهربائية ... ثم تحليل هذه التسجيلات.

٣ – رسم سريان خطى (flow chart) أو خريطة لتحليل وتحديد مشاكل اضطرابات التغذية الكهربائية.

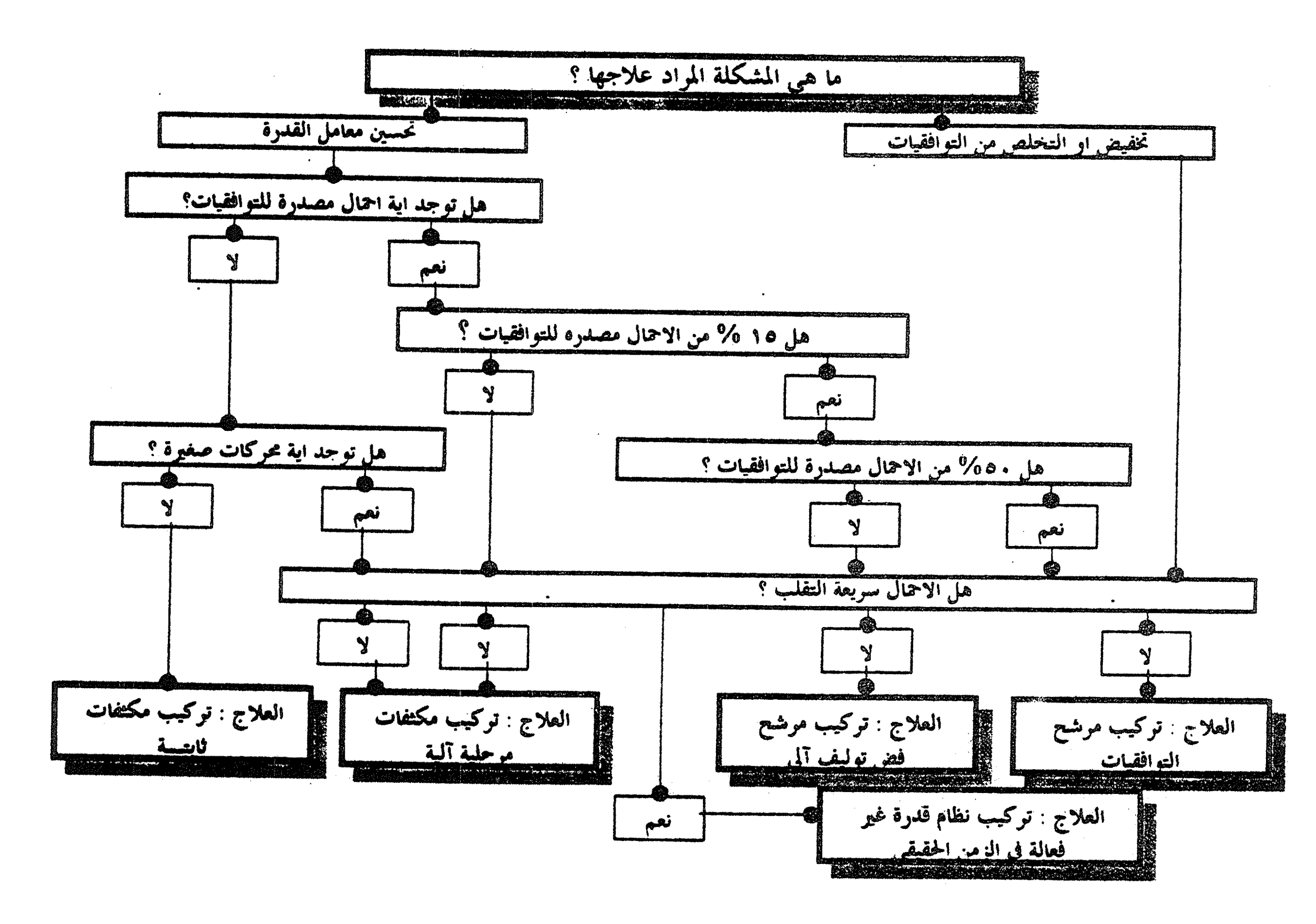
يوضح شكل (١٣ – ١) نموذج سريان خطى يساعد المنشأة فى تحديد المشكلة.

ويبين شكل (١٣ – ٢) خريطة تحديد علاج مشاكل معامل القدرة و / أو التوافقيات.

وفى شكل (١٣ – ٣) شملت الخريطة على تحديد علاج مشاكل جودة التغذية الكهربائية.



شكل (١٣ - ١) رسم سريان خطى لتحليل مشاكل أضطرابات التغذية الكهربائية



شكل (١٣-٢) خريطة تحديد علاج مشاكل معامل القدرة والتوافقيات

ماهي المشكلة المراد علاجها ؟

تحسين معامل القدرة ؟

هل توجد اية احمال سريعة التقلب ؟

نعم

يلزم تسجيل الاحمال عند الزمن الحقيقى

لا

هل توجد أحمال غيرخطية مصدرة للتوافقيات ؟

لا

هل يوجد العديدمن الاحمال والمحركات الصغيرة ؟

لا

العلاج تركيب مكثفات ثابتة

نعم

هل ١٥٪ من الاحمال مصدرة للتوافقيات ؟

لا

هل توجد احمال ذى حساسية للجهود العابرة ؟

لا

العلاج تركيب مكثفات ذات مراحل

نعم

العلاج تركيب مكثفات ذات مراحل مزودة بخامد للجهود العابرة

تخفيض التوافقيات ؟

هل توجد أية احمال سريعة التقلب ؟

نعم

لا

هل يوجد تشوة كبير فى موجة الجهد مصحوب أو غير مصحوب بتوافقيات الدرجات العالية ؟

نعم

العلاج تركيب مرشح للتوافقيات فعال

لا

هل ٥٠٪ من الاحمال مصدرة للتوافقيات ؟

نعم

لا

هل توجد احمال ذى حساسية للجهود العابرة ؟

لا

العلاج تركيب مرشح فض توليف آلى

نعم

العلاج تركيب مرشح فض توليف آلى مزود بخامد للجهود العابرة

العلاج تركيب مرشح للتوافقيات

تخفيض أو منع انحدارات الجهد

العلاج تركيب حماية الكترونية لاجتباز الانحدار

هل توجد جهود عابرة متولدة ؟

العلاج تركيب خامد للجهود العابرة

شكل (١٣ - ٣) خريطة تحديد علاج مشاكل جودة التغذية الكهربائية

ويمكن لأية منشأة صناعية أو تجارية تتعرض لاضطرابات جودة التغذية الكهربائية أن تعد سريان خطى أو خريطة للمشكلة الحادثة وذلك بمساعدة قوائم الفحص (راجع الباب الثانى عشر). وإن لم تتمكن فيمكنها الاتصال بمختص فى جودة التغذية الكهربائية.

كذلك يمكن أن يكون السريان الخطى لتحديد المشكلة على شكل استفسارات، كما هو موضح فى نموذج (١٣ – ١).

٤ – اختيار معدات وأجهزة علاج اضطرابات جودة التغذية الكهربائية:

توجد أنواع متعددة لعلاج اضطرابات جودة التغذية وتحسين أداء الأجهزة الحساسة والتى يطلق عليها معدات تكييف القدرة (Power conditioning equipment). وعادة تحتوى معدة تكييف القدرة على عدد من أجهزة الحماية فى حاوية واحدة.

يوضح جدول (١٣ – ١) تقنيات تكييف القدرة طبقاً للمواصفات القياسية العالمية IEEE 1100 - 1992.

ويوضح جدولى (١٣ – ٢) أ، (١٣ – ٢) ب اختيارات علاج انقطاعات واضطرابات الجهد.

وفيما يلى توضيح تقنيات تكييف القدرة:

١ – مكيفات القدرة.

٢ – خامدات الجهود العابرة.

٣ – المرشحات.

٤ – نظم البطاريات الاحتياطية.

٥ – منظمات الجهد.

٦ – المولدات.

نموذج (١٣ - ١)

سريان خطي علي شكل استفسارات

١ - إذا كانت المشكلة تخص البرامج (software) أو المعدات (hardware)، اتصل بالبائع أو الصانع.

٢ - إذا حدث الاضطراب بسبب معدات أخرى على نفس الدائرة، اعزل أو انقل المعدات الحساسة إلي دائرة أخرى.

٣ - إذا تسببت الشوشرة (noise) أو تداخل الترددات العالية فى حدوث مشكلة، انقل المعدات إلى موقع مختلف.

٤ - إذا وجدت مكونات كهربائية عاطلة مشكوك فيها، استبدلها.

٥ - إذا كان جهد تشغيل المعدات والأجهزة خارج حدود مواصفات المصنع، اتصل بمختص فى جودة التغذية الكهربائية.

٦ - إذا دلت قياسات التيار على وجود عدم اتزان، خارج سماحية الأجهزة، حاول أن تعيد توزيع الأحمال للوصول إلى عدم اتزان مسموح.

٧ - إذا وجد فى النظام أكثر من أرضى واحد، هل لديك ضمان كهربى لصحة الوضع تبعاً لمواصفات الكود الكهربى العالمى.

٨ - إذا كانت الشوشرة فى نظام الأرضى غير مقبولة، يتم إنشاء نظام أرضى معزول تبعاً للمواصفات القياسية العالمية.

٩ - تركز المواصفات القياسية على «الأمان» ، للوصول إلى أقصى أداء للأجهزة، لذا يلزم أن تصمم الدائرة طبقاً للمواصفات العالمية.

١٠ - إذا استمرت المشكلة، يجب الاتصال بمتخصصين فى تكيفات القدرة (Power conditioners).

نوع الاضطراب	تقنيات تكيف القدره								
	مولد احتياطي	نظام تغذية خلال انقطاع التيار	نظام تغذية احتياطية	وحدة (مولد/محرك)	منظم جهد رنين حديدي	منظم جهد الكتروني	محول عزل	مرشحات	مخمدات الجهود العابره
الجهود العابره									
التشويش									
النقرات									
تشوه الجهد									
الانحدار									
الارتخاء									
انخفاض الجهد									
ارتفاع الجهد									
الانقطاع اللحظى									
الانقطاع طويل الامد									
تغير التردد									

شكل (١٣-١) تقنيات تكيف القدرة طبقا للمواصفات القياسيه العالميه

(IEEE - 1100 - 1992)

جدول (١٣ - ٢) أ اختيارات علاج انقطاعات الجهد

الفترة	أقل من دورة (< 1 cycle)	١ - ١٠ دورات (1 - 10 cycles)	من عدة دورات إلى عدة ثوانى	من عدة ثوانى إلى عدة دقائق	دقائق - ساعات - أيام
السبب	– عمليات التشغيل – أداء أو عمل الاتصالات	الأعطال (Fault depression)	الأعطال (Fault depression)	الفصل وإعادة التوصيل من مرفق الكهرباء	انقطاع دائم
الحدود طبقاً لمنحنى CBEMA	(+١٠٪)، (-٥٠٪)	(+٨٪)، (-٢٠٪)	(+٧٪)، (-١٥٪)	(+٦٪)، (-١٣٪)	(+٦٪)، (-١٣٪)
Topology	١ طور / ٣ أطوار	١ طور / ٣ أطوار	١ طور / ٣ أطوار	١ طور / ٣ أطوار	٣ أطوار
Relative likelihood	١ طور: ٪١٠٠	١ طور: ٪٩٠ / ٣ أطوار: ٪١٠	١ طور: ٪٩٠ / ٣ أطوار: ٪١٠	٪٩٠ عند بداية التشغيل (١ طور) ٪٩٨ عند إعادة التوصيل (٣ أطوار)	—
Issue					
الجهد					
الطاقة					
العلاج	اعزل الأحمال الحرجة تدعيم الجهد الموضعى	اعزل الأحمال الحرجة تدعيم الجهد الموضعى	تدعيم الجهد الموضعى اجتياز القدرة ride through power عزل العطل أسرع تحويل مصدر التغذية أسرع	استخدام سكاكين الفصل والتوصيل أحادية الطور تدعيم الجهد الموضعى تدعيم الجهد الموضعى اختيار القدرة	تدعيم الجهد الموضعى
التقنيات والمعدات	SSVR STATCON [1] UPS	SMES / SSVR STATCON/SVC DSC UPS BESS [2] CVT [3]	FT / SSVR STATCON/SVC DSC UPS BESS [2] CVT [3]	FT / SSVR UPS BESS [2] MSC CVT [3]	BESS , Cogen. CVT

(١) تكون مقدرة STATCON للحد من انحدارات الجهد الشديدة لفترة قصيرة.
(٢) يكون العزل السريع للعطل هاماً للحصول على مقدرة قصوى لـ BESS لاستدامة الجهد خلال الأعطال.
(٣) يكون CVT فعال فقط عند حدوث اضطراب فى الجهد shallow نسبياً.

جدول (١٣-٢) ب طرق علاج اضطرابات الجهد المذكورة بجدول (١٣-٢) أ

طرق العلاج	الرمز المستخدم	التوضيح	الرسم التمثيلى
مكثفات التشغيل الميكانيكى Mechanical Switched Capacitors	MSC	عبارة عن المكثفات التقليدية الخاصة بتحسين معامل القدرة والتى تعمل آلياً لتدعيم وتحسين الجهد عند المستوى المطلوب	مصدر التغذية من الشبكة مكثفات أحمال حرجة
التحكم الاستاتيكى فى القدرة غير الفعالة Static VAr Control	SVC	عبارة عن معدات لتدعيم الجهد عن طريق التغذية بقدرة غير فعالة من مكثفات تقليدية ويتم التحكم فى هذه القدرة ديناميكياً بواسطة ممتص للقدرة غير الفعالة (دوائر الكترونية) خلال ممانعات (reactor) توازى.	مصدر التغذية من الشبكة SVC أحمال حرجة
مكثف استاتيكى Static Condenser	STATCON	عبارة عن معدة الكترونية للتغذية بقدرة غير فعالة ديناميكياً لتحسين انحدارات الجهد الناتجة عن : أعطال بالشبكة على بعد، بداية تشغيل المحركات، أو إضافة أحمال . يعتبر المكثف الاستاتيكى أحسن استجابة زمنية من SVC ، ويمكن أن يكون أفضل إذا كان الهبوط شديد فى الجهد.	مصدر التغذية من الشبكة موحد STATCON أحمال حرجة
محول الجهد الثابت Constant - Voltage Transformer	CVT	ويعرف أيضاً هذا النوع باسم محول الرنين الحديدى (Ferroresonant transformer) وهو عبارة عن محول خاص يمكنه أن يحافظ على جهد المخرج المقنن ليعوض انحدارات الجهد ذات الهبوط المعتدل.	مصدر التغذية من الشبكة CVT أحمال حرجة أحمال أخرى

(تابع) جدول (١٣ -٢) ب طرق علاج اضطرابات الجهد

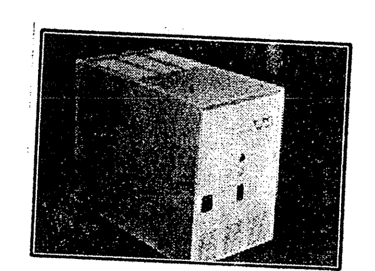
طرق العلاج	الرمز المستخدم	التوضيح	الرسم التمثيلى
مكثفات التوالى بشبكة التوزيع Distribution series capacitors	DSC	تضاف هذه المكثفات على التوالى بشبكة التوزيع بغرض تقليل الممانعة الفعلية (effective reachance) للمصدر. هذا يؤدى إلى تقليل انحدارات الجهد الناتجة عن تشغيل أحمال كبيرة أو عن بداية تشغيل المحركات.	مصدر التغذية من الشبكة DSC M بداية تشغيل المحرك أحمال حرجة
منظمات الجهد الاستاتيكية المتصلة على التوالى static series voltage regulators	SSVR	هذه المنظمات لتحسين انحدارات الجهد الناتجة عن الأعطال غير المتزنة القريبة، أو الناتجة عن أحمال غير متزنة لفترات طويلة وتؤثر تأثيراً جيداً للمحافظة على استمرارية الإنتاج عند حدوث عطل على أحد الأطوار مع الأرضى (1 - phase - to - ground) بشبكة التغذية.	مصدر التغذية من الشبكة SSVR أحمال حرجة
معدة تخزين الطاقة المغناطيسية superconducting Magnetic Energy storage	SMES	هذه المعدة تخزن الطاقة في ملف كهرومغناطيسى سريع التريد ، والذى يتصف بسرعة إطلاقه للطاقة بدلاً من مصدر التغذية ، ولكن لفترة زمنية قصيرة، عادة١ عدد قليل من الثوانى.	مصدر التغذية من الشبكة فصل موحد/مبدل SMES أحمال حرجة
مصدر تغذية عند انقطاع الكهرباء Uninterruptible power supply	UPS	هذه المعدات تغذى الأحمال الحرجة عن طريق قضبان DC مغذاه من بطاريات تخزين والتى تشحن من الشبكة الكهربائية. تصمم هذه المعدات بحيث تغذى الأحمال الحرجة لمدة طويلة لتفادى توقف العمليات (وعادة تكون ١٥ دقيقة).	مصدر التغذية من الشبكة موحد مبدل UPS أحمال حرجة

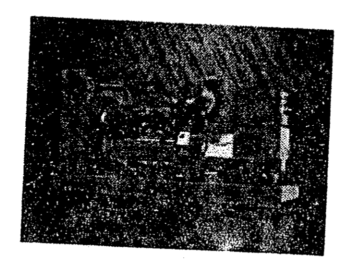
(تابع) جدول (١٣ -٣) ب طرق علاج اضطرابات الجهد

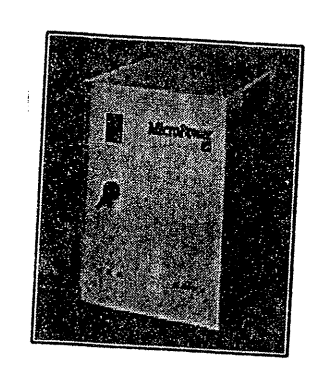
طرق العلاج	الرمز المستخدم	التوضيح	الرسم التمثيلى
نظم بطاريات تخزين الطاقة Battery Energy Storage Systems	BESS	هذه المعدات تستخدم بطاريات تخزين تقليدية وتشحن من مصدر التغذية، ولها المقدرة على تغذية الأحمال بطاقة معتدلة ويمكن أن تستمر من عدة دقائق إلى عدة ساعات.	مصدر التغذية من الشبكة فصل موحد/مبدل أحمال حرجة
تحويل سريع Fast - Transfer	FT	عند إنقطاع التغذية الكهربائية عن أحمال حرجة يجب التحويل السريع لمصدر التغذية إلى المصادر البديلة وذلك من خلال مفتاح تحويل والذى يمكن أن يكون إما من النوع الميكانيكى أو الاستاتيكى.	مصدر التغذية البديل مصدر التغذية الأساسى FT أحمال أخرى أحمال حرجة
التوليد المشترك Cogeneration	Cogen.	تحتاج المنشآت الصناعية والتجارية إلى مولد كمصدر تغذية احتياطى يغذى الأحمال عند انقطاع المصدر الرئيسى.	مصدر التغذية من الشبكة N أحمال حرجة أحمال أخرى

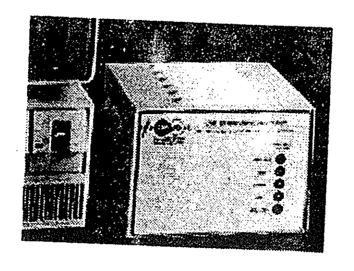
فيما يلي عرض لوسائل علاج اضطرابات جودة التغذية:

- مكيفات القدرة
- خامدات الجهود العابرة
- منظمات الجهد
- نظم البطاريات الاحتياطية
- المولدات
- معدات الترشيح









مكيفات القدرة

Power Conditioners

تقوم مكيفات القدرة بعمل عزل كهربى (electrical isolation) وبتخفيض التشويش الكهربى (electrical noise). بعض مكيفات القدرة تعمل أيضاً على تنظيم الجهد (regulate voltage) .

تعمل مكيفات القدرة فقط فى حالة وجود مصدر تغذية من مرفق الكهرباء، ولكن لايمكنها اجتياز انقطاعات التغذية الكهربائية سواء اللحظية أو المستمرة.

تساعد مكيفات القدرة على تقليل آثار التشويش الكهربى لجميع النظم الالكترونية. وهى تعالج نوعين من التشويش هما : الحالة العادية (normal mode)، الحالة المشتركة (common mode) . يعرف التشويش بموصلات القدرة بأنه تشويش الحالة العادية، بينما يعرف التشويش بين الأرض (ground) والتعادل (neutral) بتشويش الحالة المشتركة.

ويكون من ملامح هذا الاضطراب :

- أخطاء عشوائية ببرامج الحاسبات الآلية.
- حدوث انفصال بتحكمات العمليات.

بينما فى حالة ظهور الملامح التالية فإنه يجب أن يحتوى مكيف القدرة على منظم جهد وذلك لعلاج الملامح أو المظاهر الناتجة عن تغيير الجهد:

- الاعتام (dimming) المفاجئ أو إطفاء الإضاءة باللمبات المتوهجة.
- انكماش أو تحرك شاشة الحاسب الآلى أو التليفزيون.

- إظلام نظم الإضاءة بصوديوم الضغط العالى.

- إنفصال الحاسب الآلى وإعادة التشغيل.

مكونات مكيف القدرة:

١ - محولات العزل (Isolation Transformers):

تعتبر محولات العزل من المكونات الرئيسية لمكيفات القدرة . ويحتوى محول العزل على مجموعتين من الملفات مرتبطين بقلب مغناطيسى مشترك. هذه الملفات مفصولة عن بعضها بواسطة تسليح مغناطيسى (magnetic shielding). هذا التسليح يخفض أو يمنع التشويش الكهربى للحالة العادية (normal mode electrical noise) وذلك بتحويله إلى نظام التأريض. تربط أطراف الأرضى والتعادل معاً بجانب المخرج لمحول العزل، حتى يكون لهم نفس الجهد، ولحذف تشويش الحالة المشتركة (common mode noise).

يوضح شكل (١٣ – ٤) تمثيل لمحول العزل.

٢ - منظمات الجهد Voltage regulators:

توجد أنواع متعددة من منظمات الجهد منها :

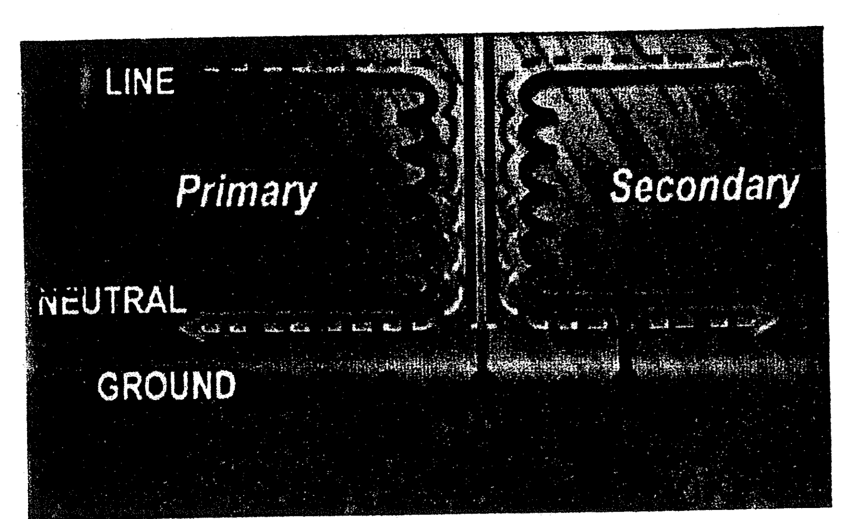
– منظمات الكترونية electronic regulators.

– منظمات الرنين الحديدى Ferroresonant regulators.

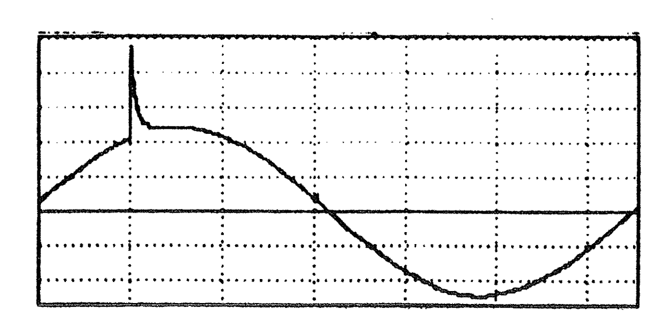
– منظمات مفاتيح التقسيم Tap switch regulators.

خصائص مكيف القدرة:

يجب مراعاة الآتى عند اختيار مكيف القدرة :



شكل (١٣-٤) محول عزل



١ - معاوقة التحويل Transfer Impedance:

هى معاوقة جهاز مكيف القدرة. ومنها يحدد قيمة هبوط الجهد (voltage drop) خلال المكيف، وقيمة تشوه جهد المخرج. هذه المعاوقة تؤثر فى قيمة الطاقة المحولة خلال المكيف والمستهلكة بواسطة الحمل.

٢ - المحاور الرباعية لرفض التشويش

(Four Quadrant Noise Rejection)

يعتبر تخفيض الجهود العابرة (transient) من الملامح الهامة لأغلب مكيفات القدرة. وعلى ذلك، فإن طريقة التخلص من الجهود العابرة تعتبر هامة جداً. تعبير المحاور الرباعية four quadrant يعنى العلاقة بين كيفية حقن كل من التشويش والجهود العابرة لخطوط القوى (أى أنه العلاقة بين الحالة العادية والحالة الشائعة للتشويش)، وكيفية ظهورها بمخرج مكيف القدرة، مرة أخرى العلاقة بين الحالة العادية والحالة الشائعة للتشويش. توجد أجهزة متعددة للتحويل من أحد أنواع الجهود العابرة إلى أنواع أخرى والتى تكون أكثر ضرراً.

٣ - تنظيم جهد المدخل (Input Voltage Regulation)

وهذا يشير إلى كيفية احتفاظ مكيف القدرة بحالة استقرار جهد المخرج عند تغير جهد المدخل.

٤ - تنظيم جهد المخرج (Output Voltage Regulation)

وهذا يشير إلى كيفية احتفاظ مكيف القدرة بحالة استقرار جهد المخرج عند تغير الحمل ديناميكياً.

٥ - ربط الأرضي والتعادل (Neutral to Ground Bond):

يعتبر وجود ربط الأرضى والتعادل معلومة هامة جداً. والتى يمكن أن تكون الحل المطلوب.

٦ - الموثوقية Reliability:

تعتمد موثوقية مكيف القدرة على مقدرة حمايته للمعدات الالكترونية.

٧ - متنوعات Miscellaneous:

مثل المقاس، الوزن، التشويش المسموع، الحرارة المتولدة، حدود التحميل، التكلفة.

فيما يلى توضيح بعض هذه الخصائص:

١ - معاوقة التحويل (Transfer Impedance):

من الخصائص أو الملامح الهامة لمكيفات القدرة قيمة معاوقة التحويل. وهى تشير إلى مقاومة محول العزل لمرور التيار به. كلما كانت المعاوقة منخفضة، كلما كان المحول أفضل للسماح لمرور التيار من خلاله. لأغلب محولات العزل معاوقة تتراوح بين ٣٪ إلى ٦٪. وهذا يعنى أنه لفترة زمنية صغيرة، إذا كان ضرورياً، فإن هذه المحولات يمكن أن تمرر تيارات أعلى من ٥٠٠٪ إلى ١٠٠٠٪ من الحمل المقنن لها. وفى نفس الوقت يوجد أجهزة لها معاوقة ١٥٪ أو أكثر. هذه المحولات لاتستطيع السماح للتيار بالمرور، وعند محاولة مرور التيار يمكن أن ينهار المحول. وعليه فيجب التأكد من قيمة معاوقة التحويل عند اختيار مكيفات القدرة.

٢ - رفض التشويش (Noise Rejection)

يمتاز مكيف القدرة ذى التصميم الجيد بأنه يرفض كلا من التشويش العادى والتشويش المشترك.

تحتوى هذه المكيفات على تسليح فارادى أو كهروستاتيكى (Faraday or electrostatic shield) بين الملفات الثانوية والابتدائية، هذا التسليح مصنع من ألواح توصيل من مادة غير مغناطيسية، عادة نحاس أو الومنيوم. تأريض هذا التسليح يخفض سعوية (capacitive) الربط بين الملفات، ويمنع مرور التشويش ذى الترددات العالية. فى أنواع مكيفات القدرة غالية الثمن يوجد تسليح إضافى حول كل ملف بغرض تخفيض أكثر لسعوية الربط. تمتاز الأنواع الجيدة من مكيفات القدرة بأنها تخفض تشويش التردد العالى إلى ٦٠ ديسبل (dB) أو أقل.

٣ - تنظيم جهد المدخل (Input Voltage Regulation)

لاتجهز محولات العزل بمنظم جهد للمدخل. ولكن يمكن التشغيل من خلال نقط تقسيم (tap-switching) تستخدم منظمات الكترونية (electronic regulators) لتنظيم جهد المدخل.

تسمح المنظمات بمدى جهد مدخل كبير جداً، مثلاً من ٧٥ إلى ١٥٠ فولت، وتحافظ على مدى جهد مخرج بين ١١٧ و ١٢٣ فولت. والتى تستجيب بسرعة جداً للتغير فى جهد المدخل.

ويعتبر تنظيم الجهد من أساسيات مفاتيح التقسيم (tap-switchers)، والتى تعالج التغير الكبير فى جهد المدخل، مثلاً من ٨٠ إلى ١٤٥ فولت، بينما تحافظ على جهد المخرج بين ١١٠ ، ١٢٥ فولت، وهى ليست بجودة المنظمات الالكترونية، ولكن عادة تكون فى المدى اللازم للحاسبات والأحمال الأخرى. تكون الاستجابة الزمنية حوالى دورة واحدة، والتى يمكن أن تسبب مشاكل. وتكون فاعلية هذه المنظمات منخفضة إذا كان جهد عدم الاستقرار (voltage instability) كبير جداً.

عـمـومـاً أفـضل منظم جـهـد للمـدخـل هو منظم الرنين الحـديدى (Ferroresonant regulators) . لنفس مدى المدخل للمنظم الالكترونى، فإن هذا النوع يحـافظ على استقرار مدخل المخـرج أفضل، ولكن لـه استجابـة زمنيـة أسرع. يجب مراعاة أن المطلوب تردد مدخل مستقر جداً. فلا يستخدم المنظم الحديدى، عند حدوث تغيرات فى التردد، أو أن مخرج المعدات الأخرى لها تردد غير مستقر.

٤ - تنظيم جهد المخرج (Output Voltage Regulation)

عموماً، معاوقة التحويل الكبيرة، تعطى تنظيم جهد مخرج أسوء. لمحولات العزل ذات المعاوقة الكبيرة تنظيم جهد مخرج سيئ، بينما للمعاوقة الصغيرة تنظيم جهد جيد جداً. للمنظمات الالكترونية معاوقة منخفضة وبالتالى فلها تنظيم جهد مخرج جيد جداً. لمنظمات مفاتيح التقسيم أداء عمل يعتمد على تصميم محول العزل المستخدم. للمنظمات الحديدية (Ferros) تنظيم مخرج سيئ لأن لها معاوقة تحويل كبيرة.

٥ - ربط الأرضي والتعادل (Neutral to Ground Bond):

من مميزات مكيفـات القدرة أنهـا تمنع أغلب أو كل تشويش الحـالة المشتركة.

ويتم ذلك من خلال ربط الأرض والتعادل. هذا الربط أساساً يكون للأمان، بالإضافة إلى أنه يخلق قيمة معاوقة قريبة للصفر بين نقطة التعادل والأرضى القريب للحاسبات الآلية.

كما سبق، فإن تشويش الحالة المشتركة هو التشويش بين التعادل والأرضى التابع له، هذا الربط فعلياً يمنع هذا التشويش. أيضاً هذا الربط يكون أمان للأشخاص والحاسبات والطابعات والأجهزة الأخرى التى تكون مصدراً كبيراً

لتشويش الحالة المشتركة. تجهيز ربط الأرضى والتعادل ليس فقط للتخلص من هذا التشويش الحادث من المصادر القريبة جداً ولكن أيضاً للتخلص من التشويش المتولد من المصادر الأبعد..

٦ - الموثوقية Reliability:

من بين الكثير من الأجهزة المتاحة لمصادر التغذية، فإن مكيفات القدرة أكثرها موثوقية. حيث أنها لاتحتوى على أجزاء متحركة يمكن أن تتعرض للكسر، ولا تحتوى على بطارية يمكن أن تنهار، ولاتحتوى على مكونات الحالة الصلبة (Solid state) والتى يمكن أن تتبخر. توجد أنواع من مكيفات جودة التغذية الجيدة المستمرة فى العمل لعدة سنوات.

٧ - متنوعات (Miscellaneous):

فى حالة وجود مشاكل فى الجهد، فيجب اختيار مكيف القدرة بعناية. أغلب مكيفات القدرة لاتحتوى على أى تنظيم للجهد، وإذا لم يختار مكيف القدرة ذى المعاوقة المنخفضة فإن الجهد يكون سيئاً.

لمكيفات القدرة كفاءة عالية، عادة بين ٩٥ ٪ إلى ٩٨ ٪ وعليه فإنها تولد حرارة صغيرة جداً ويكون المكيف ساكن نسبياً. لهذه النظم قدرات كبيرة بالكفاية لاحتياج حجرة حاسب آلى كامل أو يكون صغيراً بالكفاية لتغذية حاسب آلى واحد من خلال قابس الكهرباء.

مواصفات واختيار مكيفات القدرة

Power Conditioners - Specification and Selection

مكيف القدرة، مثل المحولات يجب أن تتناسب أحجامها مع الأحمال المتصلة بها ومع جهد الخدمة، يجب أن تستخدم عند مدخل الحمل المتأثر. وتحتاج مكيفات القدرة الكبيرة إلى متخصص لتركيبها ، وتوجد منها أنواع صغيرة للاستخدام بمقبس مدخل.

عند شراء مكيف القدرة يجب تحديد نوع وسعة الحمل المطلوب له مكيف القدرة.

أيضاً يعتمد على نوع التشويش ومشاكل الجهد المراد حلها أو علاجها.

تحدث وحدات الرنين الحديدى (Ferroresonant units) حرارة وتشويش مسموع وعليه لايمكن استخدامها فى المكاتب.

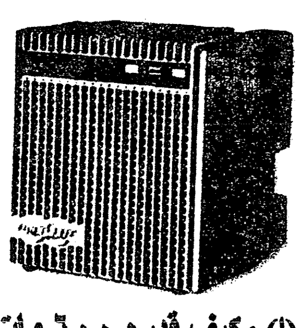
من خصائص الوحدات:

- انخفاض التشويش إلى ٦٠ ديسبل (dB) أو أكثر.
- مدى توهين (attenuation) تشويش الحالة المشتركة من ١ كيلو هرتز إلى ١٠٠ كيلو هرتز.
- الكفاءة لاتقل عن ٩٠٪ عند الحمل الكامل.
- ضمان صناعة لمدة عام على الأقل.
- تنظيم الجهد لجميع حالات الحمل حوالى ٤٪ أو أقل.
- زمن الاستجابة لتغير الجهد حوالى ١,٥ دورة أو أقل.
- التشوه بالتوافقيات أقل من ٣٪.

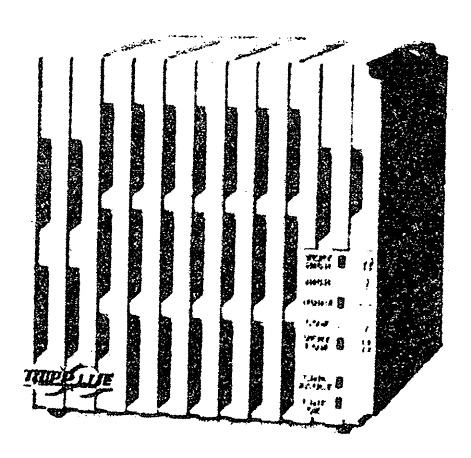
ويوضح شكل (١٣ – ٥) أ مكيف قدرة يمتاز بأنه يضبط جهد المدخل آلياً فى حدود من ٨٧ إلى ١٤٠ فولت (AC) طبقاً للمواصفات القياسية ANSI C84.1 وعلى ذلك فإنه يعالج انحدارات الجهد – قدرة المكيف ٦٠٠ وات.

التشويش ٢٠ ديسبل (dB) عند ١ ميجا هرتز.

ويوضح شكل (١٣ – ٥) ب مكيف قدرة يحتوى على منظم جهد آلى (automatic voltage regulator) يناسب الأجهزة الحساسة الالكترونية مثل الحاسبات الشخصية والطابعات الليزر ...



(أ) مكيف قدره ٦٠٠ وات



(ب) مكيف قدره ٢٤٠٠ وات

شكل (١٣-٥) بعض انواع مكيفات القدره

كذلك يحتوى على مانعة صواعق (built - in surge) ، خامد تشويش (noise suppression) ، مرشح عزل (isolated filter) .

المواصفات الفنية:

قدرة المخرج : ٢٤٠٠ وات

طاقة الامتصاص : ٦٠٠ جول

حدود الجهد : ٨٧ إلى ١٤٠ ڤولت

تقنيات مكيفات القدرة Power Conditioner Topologies

تصنف تقنيات مكيفات القدرة إلى :

معوض التوازى، ومعوض التوالى، ومعوض توالى – توازى.

أ - معوض توازي (Shunt Compensator)

يوضح شكل (١٣ – ٦) أ تمثيل لمعوض التوازى والدائرة المكافئة له. تحتوى الدائرة على مرشح فعال (active filter) حيث يحقن تيار التعويض i_c لمعادلة التوافقيات المتولدة من الأحمال غير الخطية، وبالتالى يحذف توافقيات التيار. تمر تيارات التوافقيات غير المرغوبة فقط بين المعوض والحمل. وهذا يعنى أن موجة تيار المدخل تصبح جيبية. يكون عمل المعوض أيضاً تحسين معامل القدرة عن طريق حقن قدرة غير فعالة إلى الشبكة. بإضافة معاوقة خط (x_c) يمكن تنظيم جهد الحمل . لأنواع مقارن التوازى المحتوى على دائرة عزل عن مصدر التغذية، فإنه يمكن إضافة جهاز شحن طاقة (energy storage) وعندئذ يمكن أن يعمل المقارن كوحدة UPS. يعتمد مقنن المقارن (ڤولت – أمبير) على مقنن الحمل، والتوافقيات الكلية للتيار، ومعامل القدرة. نحصل على قيمة جذر متوسط مربعات التيار من مقارن التوازى تبعاً للمعادلة :

$$I_c = \{\sqrt{1 - PF^2 + THD^2}\}.\ I_{load}$$

يتم تعويض التوافقيات وتحسين معامل القدرة من خلال موحد ديود غير خطى (non - linear diode rectifier) وحمل حاثى (inductive load). ويعمل المعوض خلال ٢٠٠ مللى ثانية. وتكون خصائص تيار الحقن عبارة عن ٦- نبضات (6- pulse). هذا المعوض يخفض التوافقيات الكلية لتيار المصدر إلى ٢ ٪. ونتيجة تحسين معامل القدرة من خلال قدرة غير فعالة فإن تيار المصدر ينخفض. ويتحسن معامل القدرة من ٠,٨٩ إلى الواحد الصحيح.

ب - معوض توالي (Series Compensator)

يوضح شكل (١٣ – ٦) ب تمثيل لمعوض توالى. يتم حقن جهد V_f على التوالى مع جهد المصدر من خلال محول حقن (injection transformer). يتم تنظيم وإخماد رنين التوالى عن طريق التحكم فى المعاوقة المكافئة لمحول التوالى. لعزل التوافقيات يضاف على التوازى مرشح رنين سلبى (passive tuned filter) ومرشح فعال (active filter) على التوالى. بإضافة جهاز لشحن الطاقة (energy storge) يصبح المقارن كوحدة UPS. يكون العيب الرئيسى لهذه التقنية مرور تيارات القصر العالية خلال محول الحقن عند حدوث قصر على الخط. للتغلب على ذلك يكون تصميم محول الحقن بحيث يصبح مشبعاً (saturate) أثناء التعرض لحالات القصر على الخط.

يعتمد اختيار قدرة مقارن التوالى على تيار الحمل، والتوافقيات الكلية لجهد المدخل وأقصى عمق انحدار (dip depth) المراد تعويضه. نحصل على جذر متوسط مربعات (rms) جهد الحقن من المعادلة.

$$V_f = \{\sqrt{(\%\ dip / 100)^2 + THD^2}\}.\ V_{supply}$$

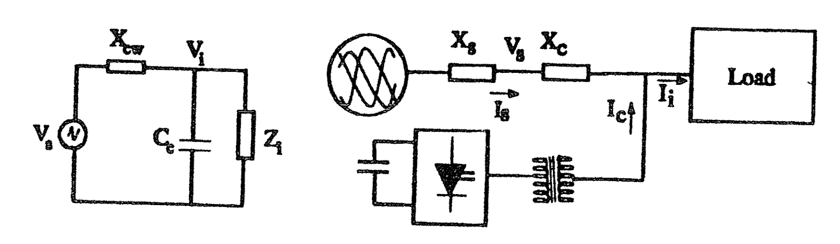
جـ - معوض توالي - توازي (Series - shunt Compensator)

يوضح شكل (١٣ – ٦) جـ تمثيل لهذا المقارن. يتكون المقارن من وحدتى توالى وتوازى تعملا من خلال ربط تيار مستمر (DC - link) مع مخزن للطاقة (energy storge). يقوم هذا المقارن بعمل المقارنين السابقين:التوالى والتوازى..

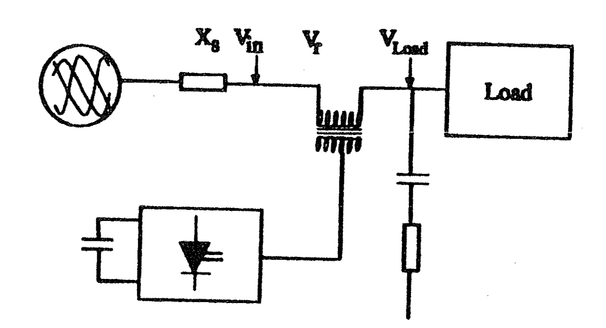
يوضح جدول (١٣ – ٣) مقارنة بين أنواع المقارنات الثلاثة من حيث الاستجابةلعناصر اضطرابات جودة التغذية.

جدول (١٣ - ٢) تلخيص لعمل المقارنات

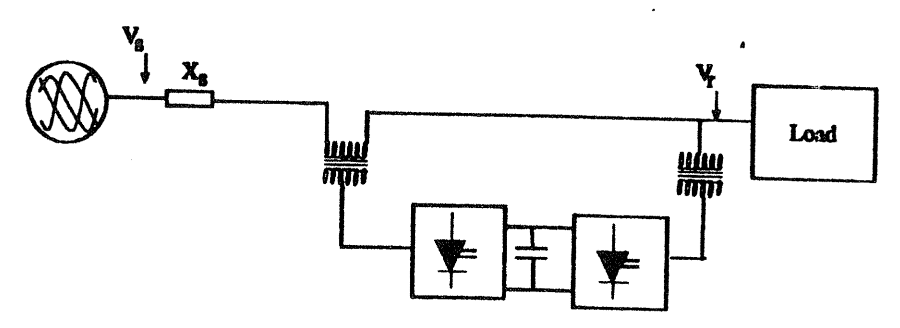
خصائص جودة التغذية	مقارن توالي	مقارن توازي	مقارن توالي - توازي
تعويض انحدار الجهد Dip / sag compensation	√	محدد	√
عزل التوافقيات Harmonic isolation	√	x	√
تعويض التوافقيات Harmonic compensation	x	√	√
تحسين معامل القدرة Power factor correction	x	√	√
حالة UPS UPS mode	√	√	√
الارتعاش Flicker	√	√	√
التحكم فى سريان القدرة Power flow control	x	x	√



شكل (١٣ -٦) ا تعويض توازى



شكل (١٣ -٦) ب تعويض توالى



شكل (١٣ -٦) حـ تعويض توالى و توازى

خامدات الجهود العابرة

Transient Suppressions

يعتبر خامد الجهود العابرة من التكنولوجيات الشائعة لتقليل أو علاج الجهود العابرة. ويشبه خامد اندفاع الجهود العابرة (TVSS) (Transient Voltage Surge Suppressor) مفتاح سريع جداً. ويعتبر من أكثر الأنواع شيوعاً لمعدات تكييف القدرة.

الفكرة الأساسية للخامد TVSS إما أن يحد أقصى جهد عابر من خلال الامتصاص (absorption) أو يحول طاقة الجهود العابرة إلى مسار آخر. ويمتاز بأنه متوفر بأحجام مختلفة ويوجد طبقاً لأحد التكنولوجيات الثلاثة الآتية: أنابيب تفريغ الغاز (gas discharge tubes)، الديودات المغمورة بالسيليكون (Silicon avalanche diodes) أو مقاومات متغيرة بمعدن مؤكسد (metal oxide varistors) MOV .

للحماية الداخلية للمنشآت فإن أغلب التكنولوجيات الشائعة الاستخدام هى MOV والتى تتوافر بجميع الأحجام سواء الخاصة بحماية جهاز منفصل أو بحماية خلية كهربائية كاملة.

يحمى نظام TVSS المكونات ضد الجهود العابرة (Voltage transients) والتى تعرف أيضاً بكلمة (surges) . والتى تسبب انهيار المعدات الالكترونية. وببساطة تؤدى إلى توقف العمل نتيجة انهيار ميكروبروسيسور الأجهزة. ليست جميع الجهود العابرة تؤدى إلى الفصل اللحظى للنظام. بعض هذه الجهود تؤدى إلى الظاهرة المعروفة باسم الصدأ الالكترونى (electronic rust) والذى يضعف ببطء الميكروبروسيسور مؤدياً إلى انهياره.

تحدث الجهود العابرة من أشياء مختلفة والتى تحيط بنا طوال اليوم. وتعتبر الصواعق (lightning) هى الأكثر شيوعاً. تسبب الصواعق المخترقة أو القريبة من خطوط التغذية الكهربائية جهود عابرة تزيد عن ٥٠٠٠٠ فولت. وإذا كان النظام يحتوى على TVSS وتعرض لهذا الجهد العالى فإن المعدات والأجهزة بالمنشأة سوف تنهار.

يوجد عدد من الاعتبارات يجب تقييمها قبل اختيار الخامدات المطلوبة.

من المعروف أن عمل الخامد TVSS هو تقليل قيمة أو محتوى الطاقة للموجات العابرة. يعرف توصيف هذا الانخفاض بمستوى الامساك (clamping level). قيمة الطاقة الأعلى من هذا المستوى هى الوحيدة التى تتأثر. بينما الطاقة العابرة الأقل من أقصى مستوى فلن تتحول. ويجب معرفة، أنه بعد عدة استعمالات للخامد TVSS فإنه ينهار.

يستخدم الخامد TVSS لحماية جميع المعدات من كل الجهود العابرة ماعدا الصواعق المباشرة (direct lightning strike).

فيما يلى بعض الملامح الشائعة التى تشير إلى حالة التعرض للجهود العابرة:

- انهيار المعدات الالكترونية مثل الحاسبات، الفاكسات، التليفزيون ومعدات الاتصالات.
- عدم وضوح أسباب حدوث أخطاء أو أعطال أو انفصال النظام.
- زيادة تكلفة صيانة وخدمة الأجهزة والمعدات الالكترونية.

تعمل معدات TVSS كمفتاح حساس للجهد. فهو يراقب الجهد بصفة مستمرة. عند الظروف العادية لايحدث شئ، ولكن عند وجود اختلاف كافى فى الجهد بين مصدر التغذية والجهد الحادث على الخط المحمى، عندئذ يغلق

المفتاح ويحول الطاقة العابرة بعيداً عن الأجهزة المحمية بالخامد ويعرف جهد التشغيل (switching voltage) بأنه جهد الامساك (clamping voltage) للخامد TVSS.

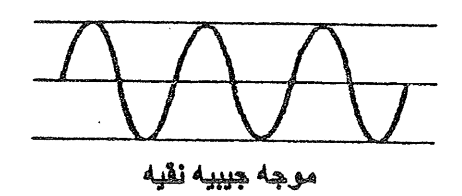
من الأمثلة الأخرى لحدوث الجهود العابرة، نجد أنه خلال أى وقت فى اليوم تفصل أجهزة كهربائية ذى أحمال عالية، عندئذ يحدث جهد عابر يعرف بالجهد العابر نتيجة التشغيل (switching transient)، يمكن ظهور الجهود العابرة أيضاً عند تشغيل عدد كبير من المعدات أو الأجهزة الكهربائية الصغيرة، كذلك عند عمليات تشغيل (فصل / توصيل) مصدر التغذية لعمليات الصيانة أو تأمين موقع العمل أو ...

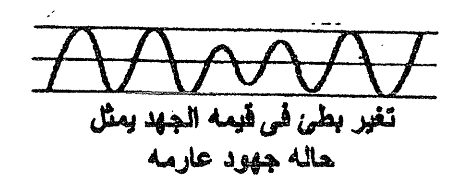
هذه الجهود العابرة يمكن أن تحدث عدة مرات فى اليوم أو مئات المرات فى الساعة ويكون الجهد العابر من ١٠٠ ڤولت وحتى عدة آلاف ڤولت، هذا التكرار يؤدى إلى انهيار المعدات الالكترونية والأجهزة الكهربائية. يوضح شكل (١٣ – ٧) تغير موجه الجهد نتيجة الجهود العارمة والتشويش والاندفاعات.

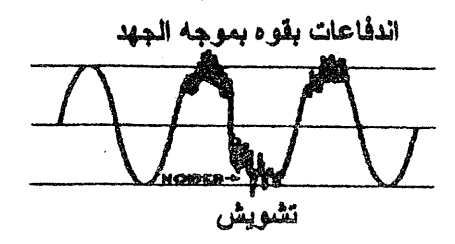
عموماً تحدث الجهود العابرة عند تشغيل المعدات الآتية:

- المصاعد
- آلات المكاتب
- أجهزة التكييف والتبريد
- بداية تشغيل المحركات
- تشغيل المكثفات

عند تشغيل أو فصل مكونات الشبكة فإنه يصاحبها حدوث جهود عابرة وعند وصول هذه الجهود، من خلال كابلات القوى، إلى المكيف أو المصنع أو المنزل فإنها تكون مازالت محتفظة بطاقتها لتخترق قواطع التيار (حتى لو كانت فى وضع فصل) وفى النهاية تنهار المكونات الالكترونية و ...







شكل (١٣-٧) تغير موجه الجهد نتيجه الجهود العارمه والتشويش والاندفاعات

وبالتالى ظهرت أهمية حماية مكونات الأجهزة من هذه الظواهر غير المرئية والسريعة جداً والتى تتصف بقوة تدميرها.

بمقارنة التكلفة العالية لاصلاح أو استبدال المكونات الالكترونية بالأجهزة وتكلفة تأثير ضياع البيانات إلى تكلفة أجهزة الحماية ضد الجهود العابرة يتضح أنها غير مكلفة بالمرة.

تأثير تغير الجهد بنسبة + ١٠٪ علي المعدات الكهربائية المختلفة:

تتأثر جميع الأجهزة الكهربائية بارتفاع الجهد سواء الدوائر الالكترونية أو المقاومات أو نظم الإضاءة أو المحركات.

يوضح جدول (١٣ – ٤) هذا التأثير.

جدول (١٣ - ٤)

تأثير ارتفاع الجهد علي الأجهزة الكهربائية

الجهاز أو المعدة	التأثير
المعدات الالكترونية	انهيار المكثفات، والمقاومات والموحدات ونظم التحكم.
التسخين بالمقاومة	تتشوه عناصر التسخين نتيجة زيادة الأكسدة.
نظم الإضاءة	* ينخفض عمر اللمبات المتوهجة ٧٠٪. * سخونة الكابحات.
الأجهزة المغناطيسية	يزيد التشوه والبلى لأسطح الملف، وبالتالى ينخفض العمر الافتراضى.
المحركات	زيادة العزم يجهد العمود، والتروس أو معدات الربط الميكانيكى. زيادة تيار البداية بنسبة ١٢٪ وانخفاض معامل القدرة.

أنواع خامدات الجهود العابرة Types of surge suppressors:

من أكثر الأنواع شيوعاً مايعرف بأجهزة التحويل (diverting devices or diverters) .

تمتاز أجهزة التحويل بأنها تسمح للجهود العابرة بإيجاد مسار إلى الأرض، حيث أن هذه الأنواع توصل على التوازى بين الأرض والخط. يوجد شكلين أساسيين لأجهزة التحويل هى الماسك (clamp) والعتلة (crowbar) .

أ - الماسك Clamp:

ببساطة، تحد أجهزة مسك الجهد (voltage - clamping devices) من الجهود العابرة. حيث تحتوى هذه الأجهزة على معاوقة متغيرة تعتمد على التيار المار بها أو على الجهد الحادث على أطرافها. من أمثلة هذا النوع:

– مقاومات متغيرة بمعدن مؤكسد (metal oxide varistors MOV) .

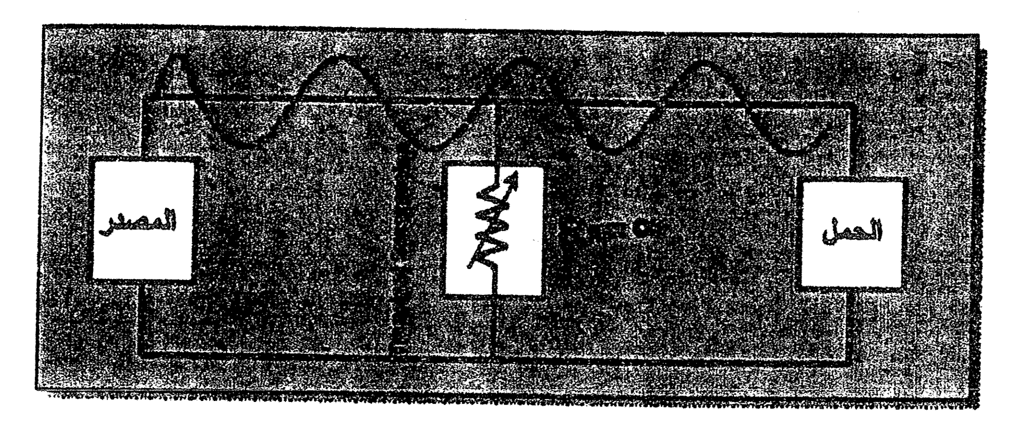
– خامدات الديودات المغمورة (avalanche diode suppressors) .

أ - ١ مقاومات متغيرة بمعدن مؤكسد MOV:

يتكون خامد MOV من مقاومات ذات قطبين غير خطية (non-linear bi-polar resistors) مقاومتها عالية جداً، حيث يمكن اعتبارها دائرة مفتوحة، عند تردد موجه المصدر (٥٠ أو ٦٠ هرتز) .

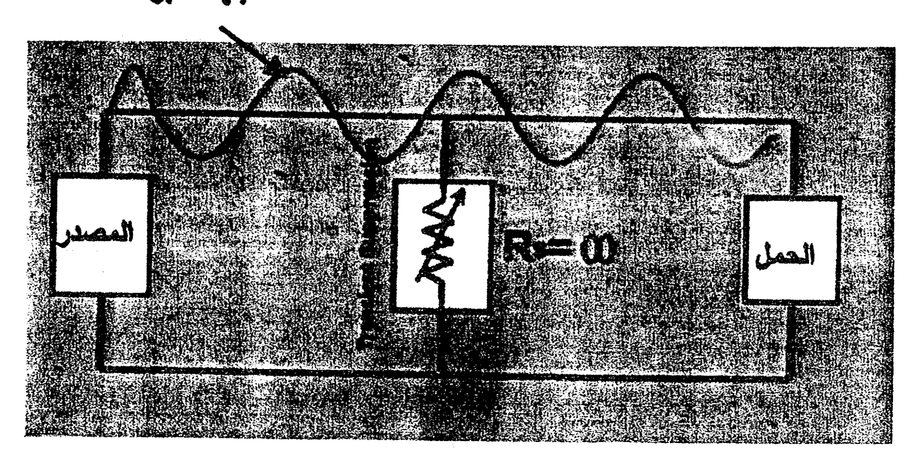
يوضح شكل (١٣ – ٨) تمثيل لحالة الاستقرار. يحدث توصيل للمقاومة عندما يصل الجهد بين طرفى MOV إلى أقصى جهد تشغيل مستمر (Max. continuous operating voltage MOCV) (وهو يعرف أيضاً بجهد البداية threshold voltage) . عند زيادة الجهد، تهبط مقاومة الخامد MOV بسرعة حتى تبدو بقيمة مساوية للصفر (كما فى شكل (١٣ – ٩)) فى خلال زمن نانو

خامد MOV



شكل (١٣-٨) تمثيل حاله الاستقرار لخامد MOV

جهد عابر



شكل (١٣-٩) تمثيل حاله موجه تحتوى على جهد عابر والدائره المكافئه لخامد MOV

ثانية (nanosecond). ونتيجة صغر المعاوقة عند مستوى الجهد الأعلى، فإن الخامد يسمح للتيارات العابرة بالمرور خلاله وبعيداً عن أجهزة الأحمال الحساسة.

ويوضح شكل (١٣ – ١٠) موجه الجهد المحتوية على نبضة تمتص بواسطة MOV وأخرى لايمكن التخلص منها.

حيث أن الخامدات MOVs متصلة على التوازى مع الحمل، فيكون جهد المسك خلال طرفى MOV بالإضافة إلى الجهد الحادث من التوصيلات هو أقصى جهد يظهر على طرفى الحمل.

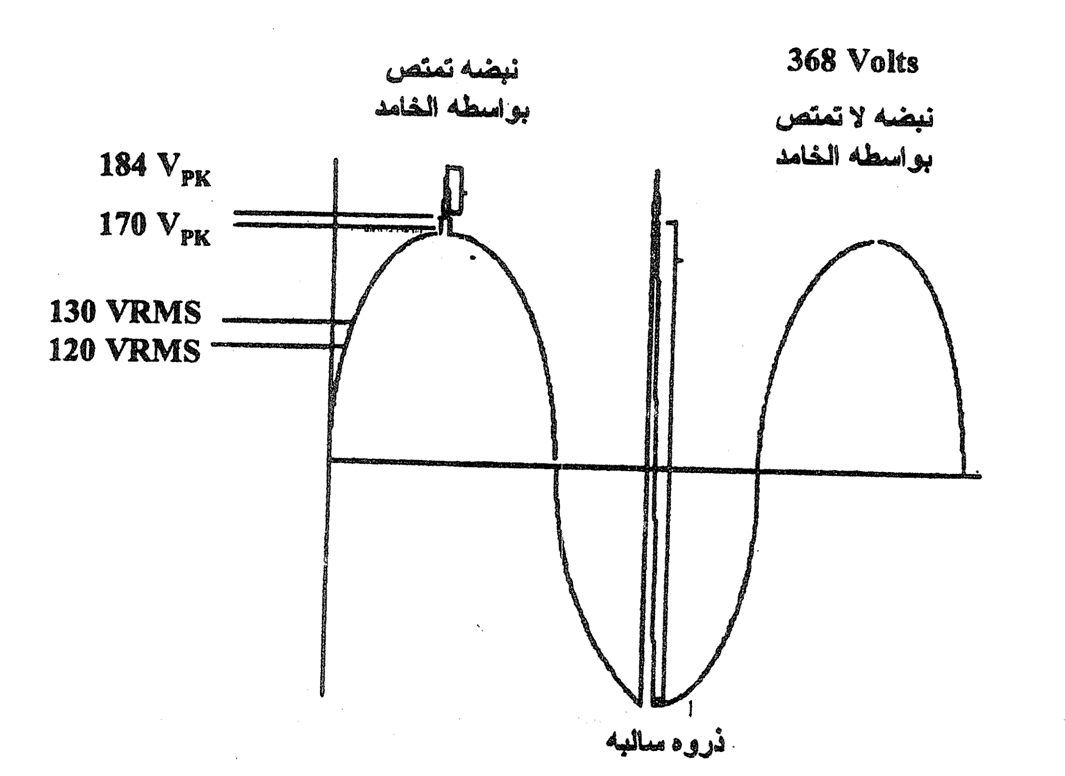
وعلى ذلك ستتعرض أجهزة الأحمال لمستوى جهد أقل، ويفضل أن يكون مقنن هذا الجهد هو جهد المسك الأقل.

بعد زوال الجهود العابرة فإن الخامدات MOVs تعود مرة أخرى كمقاومة كبيرة جداً، حتى تصبح جاهزة عند حدوث جهود عابرة جديدة (كما فى شكل (١٣ – ١١)).

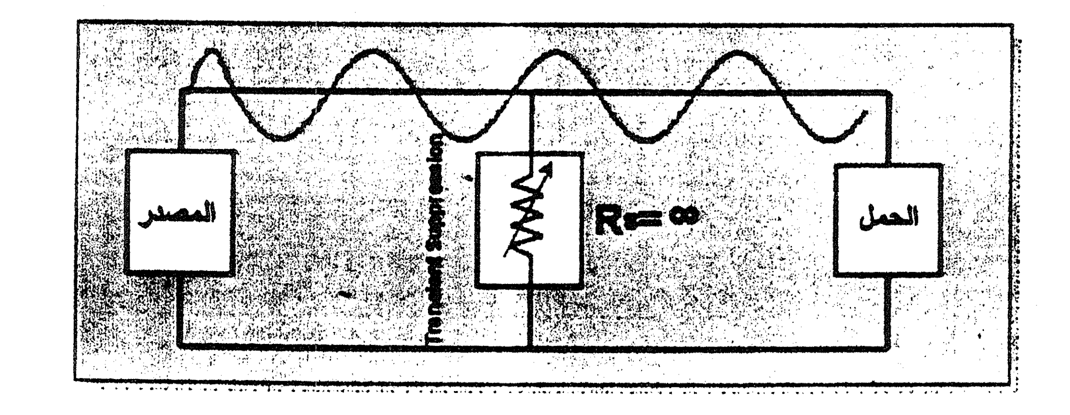
من عيوب هذا النوع، أنه فى كل مرة يعمل فيها الخامد يتأثر بالجهود العابرة وتقل مقدرته على العمل. وعلى ذلك يصبح من الصعوبة الكشف عن عمر الخامدات. والتى تعتمد أساساً على عدد مرات الصواعق وترددها التى تتعرض لها الخامدات.

أ - ٢ خامدات الديودات المغمورة (Avalanche diode suppressors):

يكون زمن استجابة هذا النوع عدد من النانو ثانية (nano seconds) لاصطياد الجهود الزائدة ولكن خصائص الطاقة المبددة صغيرة. بالإضافة إلى أنه إذا تعدت الجهود العابرة مقنن الخامدات فإن الأحمال ستتعرض لهذه الجهود ويمكن أن تنهار الخامدات.



شكل (١٣-١٠) موجه جهد تحتوى على نبضه تمتص بخامد MOV



شكل (١٣-١١)حاله خامد MOV بعد زوال الجهد العابر

ب - العتلة [1] (Crowbars):

عند حدوث زيادة فى الجهد، فإن أجهزة العتلة (crowbar devices) تتغير من حالة المعاوقة العالية إلى حالة المعاوقة المنخفضة. تقدم حالة المعاوقة المنخفضة مسار إلى الأرض، وتتحول الجهود العابرة غير المرغوبة عن الدوائر الحساسة. من أمثلة هذه الأجهزة خامدات أنابيب تفريغ الغاز.

خامدات أنابيب تفريغ الغاز (Gas discharge tubes):

يبدى هذا النوع من الخامدات مسار مقاومة صغيرة لمرور تيارات كبيرة عابرة إلى الأرض وتبدو الطاقة فى شكل ضوء وحرارة. من المميزات العظيمة لهذه الخامدات أن لها المقدرة على معالجة التيارات العارمة الكبيرة بدون حدوث انهيارات أو زيادة الحرارة.

وفى المقابل فإن من عيوبه عدم الاستجابة السريعة للجهود العارمة. فى بعض الحالات يمكن أن تحدث الجهود العابرة أسرع من استجابة الأجهزة.

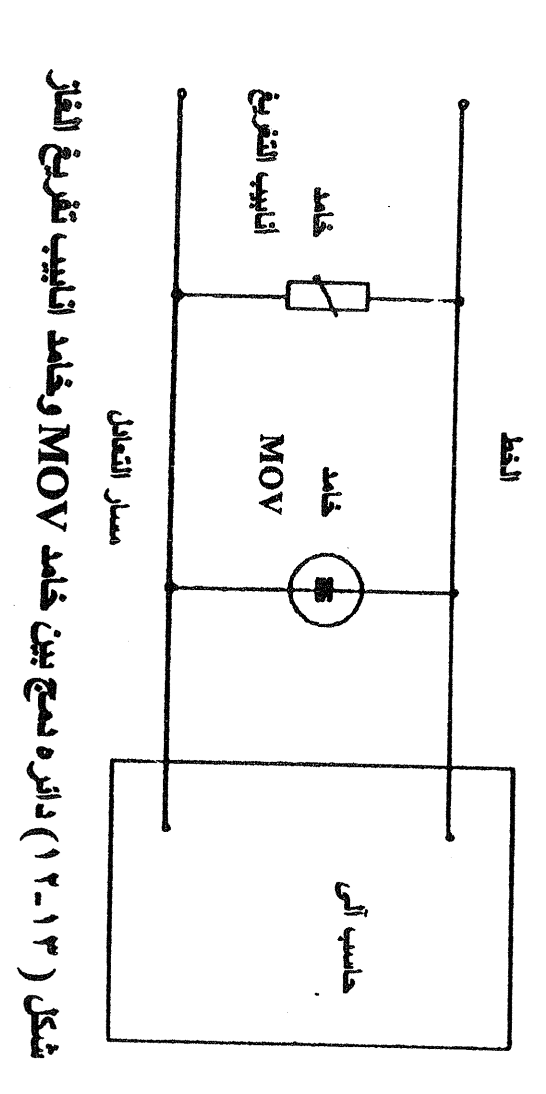
توجد أنواع أخرى من الخامدات تدمج بين أكثر من تقنية فى منتج واحد ويعرف عندئذ بالمراحل المتعددة (multistaging)، يمثل شكل (١٣ - ١٢) تركيبة من خامد MOV والذى يعتبر الحماية الرئيسية لتحويل مسار التيارات العابرة ويمثل المرحلة الأولى للحماية، بينما يمثل خامد أنابيب تفريغ الغاز المرحلة الثانية للحماية والذى يعمل فقط عندما تتغذى الجهود العارمة مقنن أقصى تيار لـ MOVs.

جـ - تعقب الموجة الجيبية (Sine wave tracking):

يعتبر هذا النوع تقنية جديدة للخامدات، والتي تتعقب الموجات الجيبية AC وتحول فى استجابة لحظية مسار النبضات والجهود العابرة الصغيرة إلى نوع من الحماية التقليدية.

---

(١) العتلة : دائرة تحمى الجهاز الحاسب من خطورة الارتفاع المفاجئ للجهد الكهربى.



شكل (١٢-٢) دائرة دمج بين خامد MOV وخامد أنابيب تفريغ الغاز

إرشادات تطبيقات حماية الجهود العارمة:

يجب مقارنة تكلفة خامدات أو كابحات الجهود العارمة والعابرة بتكلفة الأجهزة أو المعدات المراد حمايتها.

على الرغم من وجود تقنيات مختلفة لأنواع متعددة من خامدات الجهود العارمة والتي تمتاز بمستويات مختلفة للحماية، إلا أنها جميعاً لها نفس أساس العمل وهو : منع نبضات الجهود (المسببة للانهيارات والأعطال) من الوصول إلى الأجهزة والمعدات المراد حمايتها.

توجد أنواع أخرى تمتاز، بالإضافة إلى عملها، بأنها تحتوى على حماية إضافية مثل ترشيح التشويش (noise filtering).

فيما يلى الخطوات التى يجب اتباعها لاستخدام حماية ضد الجهود العارمة بأية منشأة:

أ - حدد الأجهزة أو المعدات أو جزء من الشبكة الكهربائية أو خلية التغذية المراد حمايتها.

ب - حدد كمية الحماية المطلوبة. قرر أى نوع من الجهود العابرة تتعرض له المعدة أو المنشأة. عندئذ اختار درجة الحماية المناسبة أو المتاحة.

جـ - حدد موضع تركيب أجهزة الحماية. والتى عادة تكون أحد هذه المواضع : خلية التغذية الرئيسية - خلية فرعية، قابس، ...

د - حدد النوع المناسب من جهاز الحماية إما ذات القابس (plug-in TVSS) أو الموصل بأسلاك صلدة (Hard-wired TVSS) (يمتاز النوع الأخير بأنه يحول التيارات الزائدة ويمتص طاقة أكبر عند مستوى إمساك جهد أعلى عن النوع الآخر).

هـ - اختار نوع الانهيار لأجهزة الحماية، حدد مستوى الحماية وإذا لم يحدث الانهيار، فهل يكون مسموحاً أن يحدث انفصال بدون حماية.

اختيار ومواصفات TVSS:

توجد عدة مئات من الخامدات TVSS بالأسواق. كيف يمكن اختيار النوع عالى الكفاءة والمناسب؟

يجب التأكد أولاً أن النوع المختار ضمن قائمة المعامل المتحدة (United Laboratories UL) وأنها تخضع للمواصفات العالمية UL standard 1449 وهى بعنوان "The number of the UL test for TVSS devices".

أحياناً تباع معدات على أنها حماية ضد الجهود العابرة ولكنها لاتكون ضمن قائمة TVSS ولكنها فى قائمة بديلة تعرف بمأخذ التيار (current tap ...) ويجب العلم بأن استخدامها لايعوض استخدام TVSS.

تحتوى قائمة (UL Label) على جهد إمساك (clamping voltage) يساوى ٥٠٠ ڤولت أو أقل عند استخدام خامد بقابس أو مساوى لجهد الخدمة فى حالة استخدام خامد موصل بأسلاك صلدة. أقل مستوى جهد أمساك بالقائمة يساوى ٣٣٠ ڤولت.

يجب أن يحتوى الخامد على مؤشر تشغيل أما ضوئى أو إشارة مسموعة، وهذا يساعد فى معرفة أن المعدة أو المصدر أصبح بدون حماية ضد الجهود العابرة. يوجد العديد من الأنواع الجيدة التى عملت لعدة سنوات بدون مشاكل أو أعطال بها. يجب أن يجهز الكابح بالوقاية اللازمة لحمايته : مثل مصهرات أو قاطع تيار للحماية ضد زيادة الحمل (overload) وضد السخونة الزائدة. فى حالة استخدامه لخطوط التليفونات فإنه يجهز بوقاية إضافية ضد الجهود العابرة الخلفية "backdoor surges".

عند اختيار أجهزة الحماية ضد الجهود العارمة ينظر إلي:

* لمبات بيان (Indicator lights (LED .

ابحث عن لمبة البيان وتأكد ماذا تعنى عند الإضاءة. بعض أنواع المانعات تحتوى على بيان ضوئى وآخر سمعى. توجد أنواع أخرى تحتوى على قاطع تيار أو مصهرات لحماية الدوائر ضد الأحمال الزائدة.

* قائمة UL 1449

انظر فى قائمة UL 1449 . يجب أن تجتاز الخامدات ثلاثة اختبارات متانة والتى تشير إلى أداء الخامدات.

* مواصفات الطاقة (Energy specifications)

تأكد من احتواء بيانات الخامدات على طاقة أقصى نبضة (maximum impulse energy) تتحملها الخامدات (بوحدات الجول joules) .

* توهين التشويش (Noise attenuation)

ابحث عن نوع المقدرة على توهين التشويش. مثلاً تحتوى بعض الخامدات على كل من قدرة توهين التشويش الشائع والتشويش المستعرض.

* جهد المسك (clamping voltage)

تأكد من تسجيل جهد المسك على الخامد.

* زمن الاستجابة (Response time)

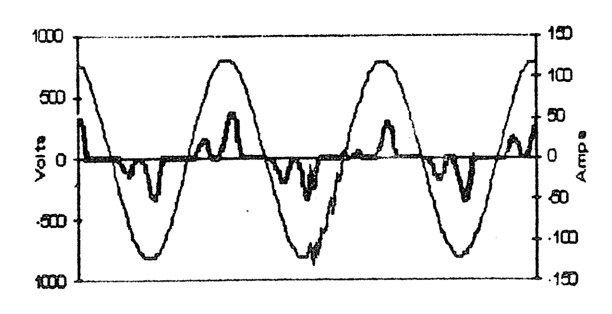
تأكد من تسجيل زمن الاستجابة على الخامدات، لكى تتفاعل الخامدات يجب أن يكون زمن الاستجابة سريع بالكفاية لمعالجة الحالات العابرة.

نماذج لقيم المواصفات الفنية لخامدات الجهود العابرة:

يوضح جدول (١٣ – ٥) قيم مختلفة للجهد المقنن وجهد الامساك وأقصى تيارات عارمة لخامدات الجهود العارمة التى يمكن استخدامها للحماية على مصدر التغذية أو على مصادر فرعية أو خلايا تغذية المنشآت الصناعية. كذلك يمكن استخدامها للمنشآت التجارية أو للمبانى السكنية – ومتوافرة للاستخدامات أحادية أو ثلاثية الأطوار.

يبين جدول (١٣ – ٦) نماذج لقيم خصائص بعض أنواع خامدات الجهود العابرة – ثلاثية الأطوار والتى يمكن استخدامها لحماية مديرات السرعة المتغيرة، معدات التحكم فى العمليات، مصادر التغذية عند انقطاع مصدر التغذية، والأجهزة الحساسة الأخرى.

يوضح جدول (١٣ – ٧) مثال لخصائص أحد أنواع خامدات الجهود العابرة – ثلاثى الأطوار والذى يستخدم للحماية على مصدر التغذية الكهربائية.



جدول (١٣ - ٥)

قيم مختلفة للجهد المقنن وجهد الامساك وأقصي تيارات عارمة لخامدات الجهود العارمة

الجهد المقنن Voltage	جهد الامساك Clamping Rating
أقصى تيار (26,000 peak amps)	
225 V	400 V
413 V	700 V
(50,000 peak amps)	
380 V	500 V
380 V	500 V
(60,000 peak amps)	
250 V	330 V
380 V	800 V
(65,000 peak amps)	
220 V	400 V
(75,000 peak amps)	
340 V	500 V
635 V	800 V
635 V	800 V
600 V	800 V
1420 V	1200 V

(تابع) جدول (١٣ - ٥)

قيم مختلفة للجهد المقنن وجهد الامساك

وأقصي تيارات عارمة لخامدات الجهود العارمة

جهد الامساك **Clamping Rating**	الجهد المقنن **Voltage**
(80,000 peak amps)	
600 V	380 V
600 V	380 V
1000 V	475 V
1000 V	620 V
1200 V	560 V
(90,000 peak amps)	
500 V	300 V
500 V	300 V
1000 V	585 V
800 V	585 V
1000 V	550 V
2000 V	1380 V
800/500 V	585/300 V

(تابع) جدول (١٣ - ٥)

قيم مختلفة للجهد المقنن وجهد الامساك

وأقصي تيارات عارمة لخامدات الجهود العارمة

جهد الامساك Clamping Rating	الجهد المقنن Voltage
(110,000 peak amps)	
400 V	270 V
400 V	270 V
800 V	450 V
800 V	475 V
800/400 V	475/270 V
2000 V	820 V
800 V	540 V
2000 V	940 V
1200 V	620 V
2500 V	1125 V

(تابع) جدول (١٣ - ٥)

قيم مختلفة للجهد المقنن وجهد الامساك

وأقصي تيارات عارمة لخامدات الجهود العارمة

الجهد المقنن Voltage	جهد الامساك Clamping Rating
(150,000 peak amps)	
265 V	330 V
265 V	330 V
424 V	800 V
584 V	800 V
424/265 V	800/330 V
860 V	1500 V
500 V	800 V
1020 V	2000 V
620 V	1200 V
1200 V	2500 V

جدول (١٣ - ٦)

نماذج لقيم خصائص بعض أنواع خامدات الجهود العابرة ثلاثي الأطوار

جهد التشغيل		208VOLTS	240VOLTS	380 VOLTS	480VOLTS	600VOLTS
الجهد المقنن	Rated AC Voltage	250	275	420	550	680
متوسط القدرة المبددة	Average Power Dissipation	1 Watt	1 Watt	1 Watt	1 Watt	1 Watt
الطاقة العابرة (جول)	Transient Energy (Joules)	130 j	140 j	160 j	210 j	250 j
أقصى تيار ٨/ ٢٠ ميكروثانية (أمبير)	Peak Current 8/20 us (Amps)	6500	6500	6500	6500	6500
جهد المقاومة المتغيرة	Varistor Voltage	390	430	680	910	1100
أقصى جهد امساك	Max Clamping Voltage	650	710	1120	1500	1815
أقصى تيار امساك	Max Clamping Current	100	100	100	100	100
السعوية عند ١ ك. هرتز	Capacitance @ 1KHz	700 pf	630 pf	420 pf	320 pf	250 pf
زمن الاستجابة	Response Time	< 15 nsec	< 15 nsec	< 15 nsec	< 15 nsec	< 15 nsec
عدد الخامدات MOV الداخلية	Number of Internal MOV's	3	3	3	3	3
عدد الأطراف	Number of Leads	4	4	4	4	4
درجة حرارة التشغيل	Operating Temperature	from -40C to +80C				
مقاس الأسلاك	Wire Size	All leads are 14 AWG				

جدول (١٣ - ٧)

مثال لخصائص أحد أنواع خامدات الجهود العابرة ثلاثي الأطوار

أقصى تيار	Peak Current	2750 Amps
أقصى تيار عارم	Maximum Surge Current	6000 Amps
نوع النظام	Type of Service	Three Phase to 480V
زمن الاستجابة	Response Time	.085 Nanoseconds
أقصى تسرب عكسى	Maximum Reverse Leakage	Non-Linear
الحماية ضد التداخلات الكهرومغناطيسية	EMI/RFI Protection	10Hz to 50Hz, 10db CM Rejection
درجة حرارة التشغيل	Operating Temperature	-40°C to +125°C
اختبار انخفاض الجهد	Hypot Tested (V/dc)	5000 VDC for 10 minute intervals
المواد والمكونات	Material and Components	Exceeds National Laboratory for this class
مدى التردد	Frequency Ranges	50 - 60 Hz
السلك المستخدم	Lead Wire	#14 AWG, 30pp inches minimum
	Color Code	Black-Hot Line White - Neutral
	Case (Crouse - Hinds)	UL Approved # 425B

جهد الامساك (٨ × ٢٠ ميكروثانية) جهد المدخل

INPUT VOLTAGE (E/in)	CLAMPING VOLTAGE (8 x 20us)
120/240VAC, 50/60 Hz 3 Phase, Four Wire	130/250 VAC
120/208VAC, 50/60 Hz 3 Phase, Four Wire	130 VAC
220VAC, 50/60 Hz 3 Phase, Three Wire	250 FAC
277/480VAC, 50/60 Hz 3 Phase, Four Wire	280 VAC
480VAC, 50/60 Hz 3 Phase, Three Wire	500 VAC

الأنواع التجارية لخامدات الجهود العابرة

(أ) خامد بقابس (Plug - in TVSS):

يستخدم هذا النوع لحماية جهاز الكترونى محدد حيث يركب الخامد بين المخرج (outlet) وبين المعدة الحساسة المراد حمايتها. إذا احتوى TVSS على عدة مخارج، عندئذ يمكن استخدامه لحماية أكثر من معدة أو جهاز الكترونى.

لاتستخدم أبداً أحمال محركات كبيرة على نفس مصدر TVSS المستخدم لحماية الالكترونيات الحساسة. والتى تشمل المراوح وتكييفات الهواء وآلات الطباعة بالليزر وآلات التصوير.

عند استخدام خامدات بقابس لحماية الأجهزة داخل منشأة، عندئذ يفضل حماية خلية التغذية الكهربائية العمومية بخامد موصل بأسلاك صلدة من النوع ذى الجهد العالى (high voltage hardwired TVSS).

يوضح شكل (١٣ – ١٣) خامد بقابس لحماية المعدات الالكترونية مثل الحاسبات الشخصية والتليفزيون والاستريو والأجهزة الالكترونية الأخرى ويتحمل تيارات عابرة حتى ٢٧٠٠٠ أمبير.

(ب) خامد موصل بأسلاك صلدة (Hard - wired TVSS):

يستخدم هذا النوع لحماية مصدر التغذية لمنشأة أو مبنى، أو لحماية خلية فرعية مجهزة لتغذية دوائر ومعدات حساسة. عند التركيب يراعى أن الوصلة بين خلية مصدر التغذية وبين الكابح TVSS تكون قصيرة ومستقيمة بقدر الامكان. يسبب الطول الزائد أو الانحناءات الحادة منع مقدرة الخامد على التشغيل.

يمكن استخدام خامدات موصلة بأسلاك صلدة للخلايا الفرعية وآخر على مصدر التغذية العمومية من النوع ذى الطاقة العالية.

يوضح شكل (١٣ – ١٤) خامد موصل بأسلاك صلدة يستخدم مع قاطع تيار ٣٠ أمبير للحماية على مصدر تغذية فرعي. يحتوى على لمبة بيان مرئية.

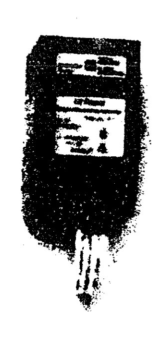
ويوضح شكل (١٣ – ١٥) خامد موصل بأسلاك صلدة يستخدم للحماية على مصدر تغذية عمومية مقنن أقصى تيارات عارمة من ٥٠ إلى ٢٠٠ ك.أ ويحتوى على مرشح ضد التشويش حتى – ٦٠ ديسبل (dB).

يوضح شكل (١٣ – ١٦) خامد موصل بأسلاك صلدة للحماية ضد الجهود العارمة الداخلية والخارجية ولجميع المكونات الالكترونية والمحركات الصناعية الكبيرة.

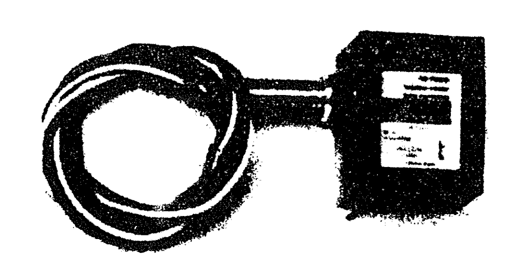
يبين شكل (١٣ – ١٧) خامد موصل بأسلاك صلدة – حتى ٦٠٠ ڤولت – لحماية المعدات الالكترونية الحساسة ضد الجهود العابرة والجهود الابرية ويستخدم لمديرات السرعة المتغيرة، ودوائر التحكم ، ودوائر العمليات الصناعية.

يوضح شكل (١٣ – ١٨) خامد تيار مستمر (DC) يستخدم لحماية المعدات الالكترونية المغذاه من مصدر تيار مستمر (DC) ضد التيارات والجهود العارمة.

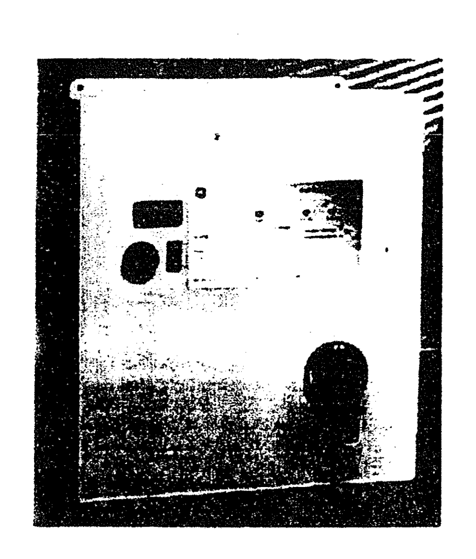
يبين شكل (١٣ – ١٩) خامد أحادى الطور يستخدم لحماية المعدات الالكترونية ضد التيارات والجهود العارمة.



شكل (١٣-١٣) خامد بقابس



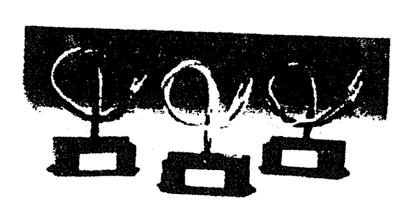
شكل (١٣-١٤) خامد موصل باسلاك صلده



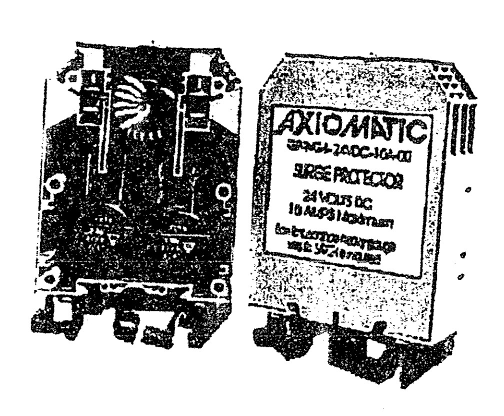
شكل (١٣-١٥) خامد موصل باسلاك صلده



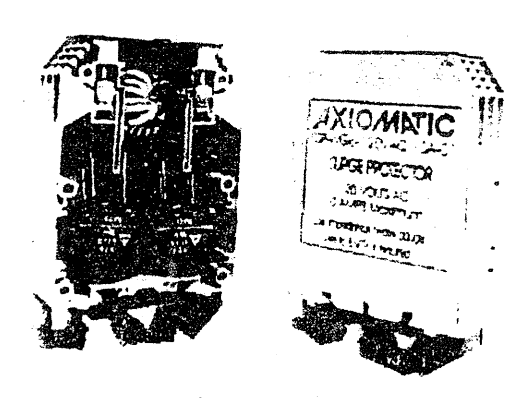
شكل (١٣-١٦) خامد موصل باسلاك صلده



شكل (١٣-١٧) خامد موصل باسلاك صلده



شكل (١٣-١٨) خامد تيار مستمر (DC)



شكل (١٣-١٩) خامد أحادى الطور

UL 1449

المواصفات القياسية لخامدات الجهود العابرة (TVSS):

الاصدار الثاني - ١٩٩٦/٨/١٥:

UL 1449 Standard for Transient Voltage surge suppressors

15/8/1996 second Edition

أول نشر لهذه المواصفة كان فى ١٩٨٥/٨/١٨ وأصبح معمولاً بها فى ١٩٨٧/٧/٢ وفى العقد ١٩٩٨ صدر الاصدار الثانى للمواصفة وصنفت TVSS إلى ثلاثة أنواع هى:

– خامد الجهود العابرة بقابس مباشر (Direct plug - in TVSS).

وتستخدم للتوصيل المباشر على مخرج الكهرباء عند المستهلك والتى عندها يكون المطلوب هو الحماية ضد الجهود العابرة للأجهزة.

– خامد بأسلاك موصلة (Cord - connected TVSS)

يحتوى الخامد على أطراف أسلاك لمصدر التغذية وملحق بقابس للتوصيل على مخارج الكهرباء عند المستهلك.

– خامد مجهز للتوصيل الدائم (Permanently connected TVSS)

يجهز الخامد بأطراف توصيل صلدة للتركيب على لوحة الكهرباء أو على نظام التوزيع .تتم الاختبارات التالية على الخامد المجهز للتوصيل الدائم.

اختبار قياس الجهد المحدد (Measured Limiting Voltage Test):

يجرى هذا الاختبار على الخامد المجهز للتوصيل الدائم. اختبار المعايرة للاصدار الأول احتوى على النبضات المتتابعة كما فى جدول (١٣ – ٨).

تختبر المعدة تحت الاختبار بنبضة أولى يتبعها ٢٤ نبضة متوالية كدورة عمل منهم ١٢ نبضة موجبة و ١٢ نبضة سالبة. وفى النهاية تخضع لنبضة كعلامة نهائية.

لقبول نجاح الخامد تحت الاختبار يجب ألا يحيد جهد الاختيار عن ± ١٠٪ من قيمة العلامة الأولى وحتى الأخيرة.

المعايرة / مولد الرفع (Generator Set - up / Calibration):

أولاً يعاير المولد حتى يمكن أن يسلط تيار أولى مقنن للمعدة تحت الاختبار. يحتوى اختبار دائرة القصر (short circuit) على اختبار الأطراف بين مولد الجهود العارمة (surge generator) وبين المعدة تحت الاختبار. عند ارتفاع التيار فيتم قياس الجهد الناتج عند الدائرة المفتوحة (open - circuit). التغير فى قيمة التيار يجب ألا تزيد عن + ١٠٪ من القيمة المحددة.

إذا كان التيار أو الجهد غير صحيح، فيتم ضبط أو تغيير طول أسلاك التوصيل الصلدة بين المولد والمعدة تحت الاختبار. بالمقابل يمكن أن تتغير قيمة الجهد بحيث لاتزيد عن + ١٠٪ من القيمة المحددة.

أثناء إجراء الاختبار يجب أن تكون أسلاك التوصيل الصلدة قصيرة ومستقيمة بقدر الإمكان حتى يمكن الحصول على القيم القياسية المطلوبة. إذا كان الطول زائد وتوجد انحناءات حادة فإن هذا يؤثر فى القيمة وزمن الارتفاع (rise time)، وشكل موجه نبضات الاختبار.

يوضح جدول (١٣ – ٩) الاختبار المعدل للاصدار الأول باستخدام مولد معاير ويلاحظ فى هذا الجدول أن دورة العمل أشد مما فى الاصدار الأول.

المقنن (Rating):

بعد انتهاء الاختبار ، يتم وضع المقنن على المعدة. ويكون المقنن بدلالة جهد الحد المقاس (measured limiting voltage) .

يوضح جدول (١٣ – ١٠) مقنن الجهد الخامد تبعاً لـ UL 1449 .

جدول (١٣ - ٨)

رقم النبضة Impulse #	الجهد (فولت) ١,٢ × ٥٠ ميكروثانية	التيار (أمبير) ٨ × ٢٠ ميكروثانية	ملاحظات
1	6000	3000	علامة أولية
2 - 25	6000	750	دورة عمل
26	6000	3000	علامة نهائية

جدول (١٣ - ٩)

رقم النبضة	الجهد (فولت) ١,٢ × ٥٠ ميكروثانية	التيار (أمبير) ٨ × ٢٠ ميكروثانية	ملاحظات
1	6000	500	علامة أولية
2 - 21	6000	3000	دورة عمل
22	6000	500	علامة نهائية

جدول (١٣ - ١٠)

مقنن الجهد الخامد UL 1449	
330	1500
400	1800
500	2000
600	2500
700	3000
800	4000
900	5000
1000	6000
1200	

اختبار التيار العارم Surge current testing:

الغرض من اختبار التيارات العـارمة هـو التأكد من مقـدرة الخـامد عند قيمة نبضات عابرة أكبر مـن تلك التى يتعرض لـها عند إجراء اختبار الجهد المحدد المقاس.

يتم إجراء الاختبار بتعريض الخامد لنبضتين عند ذروة موجه الجهد . أحد النبضـتين موجبـة والأخرى سـالبة. قيمة هاتين النبضـتين ٦٠٠٠ ڤـولت / ١٠٠٠٠ أمبير.

بعد إجراء هذا الاختبار تترك العينة تحت الجـهد المقنن لمدة ٧ ساعات وخلال هذا الزمن يجب ألا يحدث للعينة أى من الظواهر الآتية:

أ – انبعاث دخان، انصهار المعدن، جزيئات نتيجة دخان خلال عملية الفتح (التشغيل) للمنتج.

ب – توهج أو احتراق لسطح التثبيت أو للمكونات مثل الورق أو القماش الرقيق.

جـ – اشتعال فى المحتويات الداخلية.

د – حدوث أية فتحات فى المحتويات الداخلية نتيجة الموصولية للأجزاء الحية.

اختبار الجهود الزائدة Overvoltage test:

الغرض من هذا الاختبار هو التأكد من أن المنتج يتحمل الزيادة البسيطة فى الجهد لفترة محددة. يمكن أن يفقد المنتج طبقتين من القماش الرقيق إذا تعرض لـ ١١٠٪ من الجهد المقنن لمدة ٧ ساعات.

خلال هذا الاختبار يجب ألا يحدث للعينة أى من الظواهر أ ، ب ، جـ ، د المذكورة فى الاختبار السابق.

اختبار الجهود الزائدة غير العادية Abnormal overvoltage test:

تختبر المعدة عند جهد ١٧٠٪ من القيمة الأساسية للجهد والتى عندها ينهار لحظياً الخامد TVSS.

الجزء (أ): اختبار الجهود الزائدة غير العادية جهد الطور الكلي - التيار العالي

(Full phase voltage - high current abnormal overvoltage test)

فى هذا الاختبار يكون جهد الاختبار تبعاً لجدول (١٣ – ١١) ويسلط هذا الجهد لمدة ٧ ساعات أو حتى يفصل مصدر التغذية عن المعدة تحت الاختبار (اشتغال قاطع التيار أو المصهر).

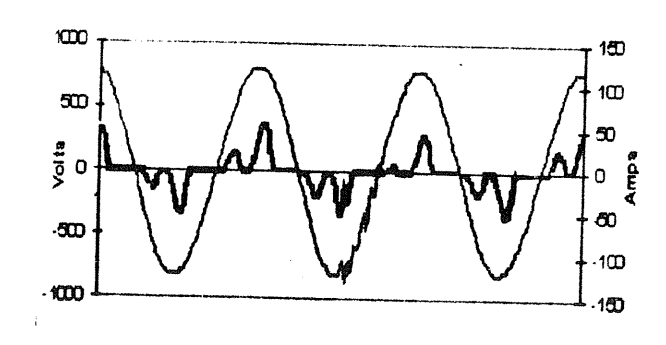
جدول (١٣ - ١١)

جهد الاختبار (ڤولت)	الجهد المقنن للمعدة تحت الاختبار بطرفين توصيل (ڤولت)
208	120
480	277
600	347

الجزء (ب) : اختبار الجهود الزائدة غير العادية لتيار محدد

(Limited current abnormal overvoltage test)

يعاد اختبار الجهود الزائدة المذكورة أعلاه ولكن فى هذا الاختبار تتغير قيمة تيار دائرة القصر (short - circuit current) من ٥ أمبير إلى ٠,١٢٥ أمبير. ويسلط الجهد لمدة ٧ ساعات أو حتى ينفصل مصدر التغذية (اشتغال قاطع التيار أو المصهر).



منظمات الجهد

Voltage Regulators

يعتبر منظم الجهد من أكثر أشكال تكييفات القدرة انتشاراً منذ عام ١٩٧٠.

ويكون عمله ببساطة عبارة عن مراقبة مستوى الجهد المغذى لحمل معين (حساس مثلاً)، (عادة يكون هذا الجهد هو rms) ويعزز جهد المدخل هذا بغرض تصحيحه إلى حدود محددة مسبقاً.

يمكن أن يكون منظم الجهد أحد مكونات مكيف القدرة، أو أن يستخدم منفصلاً بغرض تنظيم الجهد.

تستخدم بعض تقنيات تكييف القدرة الكبيرة أحد هذه الوسائل لتنظيم الجهد (والموضحة فى شكل ١٣ – ٢٠).

١ – نقط تقسيم الجهد يدوياً (Manual voltage taps)

٢ – منظمات جهد كهرومغناطيسى (محول ذاتى مجهز بمحرك)

(Electro - mechanical voltage regulator (motor driven auto - transformer)

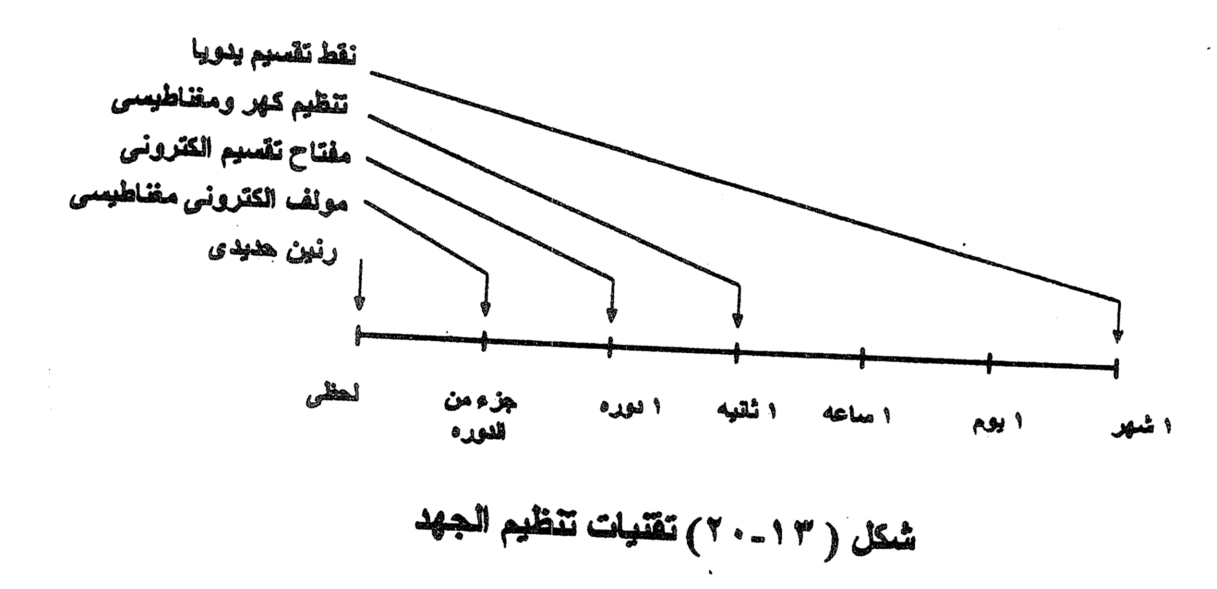
٣ – منظم بنقط تقسيم تعمل الكترونياً

(Electronic tap - switching regulator)

٤ – منظم جهد رنين حديدى (Ferro - resonant voltage regulator)

٥ – مولف شكل موجه الكترونى أو مغناطيسى

(Magnetic or Electronic wave form synthesizer)



شكل (١٣-٢٠) تقنيات تنظيم الجهد

فوائد تنظيم الجهد :

توفر منظمات الجهد مصدر جهد أكثر استقراراً من مصدر جهد الشبكة.
تسبب الجهود المنخفضة فى :

* ضياع بعض الوظائف أو العمليات.
* سخونة زائدة
* التشغيل الخاطئ لبعض الأجهزة.

وتسبب الجهود المرتفعة فى :

* سخونة زائدة.
* انهيار مكونات المعدات نتيجة اجهادات الجهد (voltage stress).

ولذا تحتاج فى كلتا الحالتين لمنظم جهد لتصحيح الجهد إلى قيمة التشغيل المقننة للأحمال الحساسة.

تصنف مشاكل تنظيم الجهد إلى :

- مشاكل قصيرة المدى Short term problems.

والتى تستمر لعدة دورات (cycles)، مثل الانحدارات (sags or dips)، والانتفاخات (swells or surges).

- مشاكل أطول مدى Longer problems.

والتى تستمر لعدة ثوانى وأحياناً عدد من الساعات، مثل انخفاض الجهد (low voltage or brown outs) وارتفاع الجهد (high voltage).

تكون بعض منظمات الجهد (ذات أزمنة الاستجابة البطيئة) فعالة عندما تتعامل مع التقلبات المستمرة لفترة طويلة - بينما تزول الانحدارات والانتفاخات قبل استجابة المنظم.

وتكون بعض منظمات الجهد الأخرى (ذات أزمنة الاستجابة السريعة) (فى الحال أو لمدة دورة واحدة) مناسبة لكل من مشاكل تنظيم الجهد قصيرة المدى وطويلة المدى.

مشاكل منظمات الجهد:

على الرغم من أن منظم الجهد معدة بسيطة نسبياً، إلا أن له بعض المشاكل ولذا يجب اختياره بعناية . من مشاكل منظمات الجهد:

١ - الكفاءة (Efficiency):

تهدر بعض منظمات الجهد الكثير من الطاقة عند تشغيلها. وهذا يؤثر على كل من :

تكلفة الكهرباء للتشغيل (electrical cost - to - operate) وزيادة تجهيزات أحمال تكييفات الهواء. ولايمثل هذا مشكلة لمستويات القدرات المنخفضة (مثل حالة الورش) ولكن لمستويات القدرة الأعلى من ١ ك.ف. أ فإن الكفاءة تصبح هامة. وتعتبر منظمات الجهد من نوع الرنين الحديدى ونوع مولف الكترونى أو مغناطيسى من الأنواع ذات الكفاءة المنخفضة.

بينما النوع ذى نقط التقسيم التى تعمل الكترونياً أو النوع ذى وحدات كهرومغناطيسية تعتبر من الأنواع مقبولة الكفاءة.

٢ - العول (Reliability):

لمنظمات الجهد ذات المكونات الفعالة (active components) معدل أعطال محسوس وتكون أعطالها أكثر من أعطال المحولات والمكونات الالكترونية السلبية (Passive).

وتحتاج المنظمات الكهروميكانيكية إلى صيانة دورية للمحركات والفرش (brushes) والمكونات الأخرى بالمنظمات. بينما تحتوى منظمات نقط التقسيم

(Tap-regulators) على أعداد كبيرة من موحدات السيليكون المحكوم (SCR's) والترياك (Triacs) والتى تتعرض للانهيار نتيجة مشاكل الأحمال أو الخطوط. ولذا يجب أن تحتوى تكلفة التشغيل على بعض العوامل للتغلب على هذه الانهيارات المتوقعة.

٣ - تداخل الحمل (Load Interaction):

يمكن أن تسبب جميع أنواع منظمات الجهد تداخل مع الحمل ، خاصة مع المعدات الحساسة المحتوية على أحمال نبضية pulsing loads . من هذه المعدات : ماكينات العمليات بالصناعة، ومعدات التصوير الطبى، وماكينات الطباعة بالضغط. عند حدوث تداخل بالحمل، يؤدى تغير الحمل أو تنظيم الحمل الداخلى إلى رنين أو انفصال منظم الجهد. هذا يسبب فعلياً مشاكل بالجهد (مثل انحدارات وانتفاخات الجهد) عند مخرج المنظم والتى لاتظهر عند المدخل.

هذه الظاهرة شائعة لمنظمات الجهد من الأنواع : ذى نقط التقسيم، المولف المغناطيسى، والرنين الحديدى. ولذا يجب أن يراعى عند وجود أحمال نبضية عدم التوصية باستخدام منظمات الجهد.

٤ - الاستجابة إلي الانحدار الشديد أو انقطاع الجهد

(Response to severe sag or voltage outage)

عندما تتعرض بعض أنواع منظمات الجهد المحتوية على مكونات تشغيل الكترونية إلى انحدار شديد فى الجهد (أو انقطاع الجهد) فإنها تتوقف أو يعاد تشغيلها. وتكون النتيجة ، أن هذه المعدات ستحول الاضطرابات قصيرة المدى (دورة واحدة) إلى انقطاع لعدة دورات. وبالتالى فإن الأحمال الحساسة، والتى يمكنها اجتياز الانقطاعات لمدة دورة واحدة، سوف ترى أن مدة الانقطاع عدة دورات وبالتالى سوف تتوقف.

الاحتياج إلي تنظيم الجهد:

عند بداية استخدام منظمات الجهد، حوالى ١٩٧٠، كانت أغلب المعدات الحساسة تغذى من خلال مصادر قدرة خطية (Linear power supplies) والتى كانت تحتاج إلى تنظيم صغير لجهد المدخل. بالإضافة لذلك فإن المعدات الالكترونية للعمليات المحتوية أو غير المحتوية على منظم جهد داخلى أو تنظيم جهد بسيط كانت تتعرض وتتأثر بتغيرات جهد مصدر التغذية، عندئذ كان استخدام منظم جهد خارجى يؤدى إلى تحسين كبير فى عول النظام.

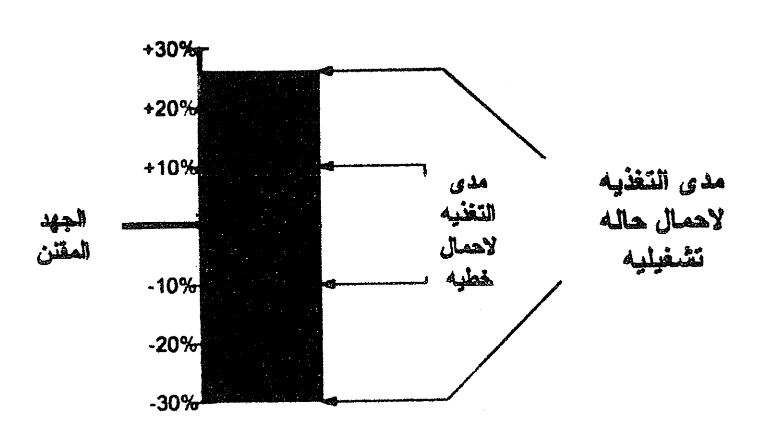
ولكن اليوم، وبعد التوسع فى استخدام الأحمال الالكترونية، فإن الاحتياج إلى تنظيم الجهد انخفض بشدة نتيجة لعدة عوامل. فلقد استبدلت مصادر القدرة الخطية بمصادر القدرة حالة تشغيلية (switched mode power supplies) والتى تحتاج إلى مدى ديناميكى كبير كما فى شكل (١٣ - ٢١).

عموماً يمكن القول أن منظمات الجهد تحافظ على جهد المعدات الحساسة لحدود مقبولة محددة، عادة من ٨٠ إلى ١٣٥ ڤولت. هذه الحدود يمكن أن تتغلب على انحدارات وانتفاخات الجهد (sag and swell voltages) الناتجة من انهيار بعض المعدات أو عمليات الفصل.

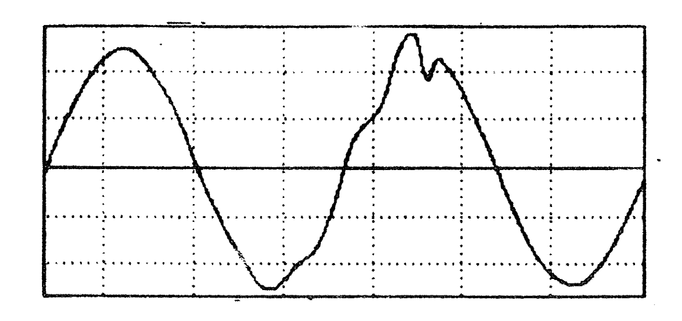
غالباً تستخدم منظمات الجهد للأحمال الخطية، وللأحمال التى لها فصل اتوماتيكى يعتمد على الجهد (Voltage - dependent automatic shut offs) مثل بعض الحاسبات (mini and mainframe). والتى يكون لها استخدامات خاصة فى الصناعة والأدوية والأنشطة العسكرية ويكون استخدامها فى بعض الأنشطة الأخرى مقيداً. بعض أنواع مكيفات القدرة تحتوى على منظمات جهد.

من أكثر الأنواع شيوعاً:

- منظمات مفاتيح التقسيم Tap switch regulators
- منظمات الرنين الحديدى Ferroresonant regulators



شكل (١٣-٢١) حدود تشغيل الجهد



١ - منظمات مفاتيح التقسيم Tap switch Regulators

يعتمد هذا النوع فى عمله على ما يعرف بنسبة اللفات لتنظيم الجهد (turns ratio to regulate voltage) فمثلاً إذا كان عدد الملفات على الجانب الابتدائى للمحول مساوية لعدد الملفات على الجانب الثانوى، عندئذ يتساوى تيار المخرج وتيار المدخل. بتغير عدد الملفات windings للجانب الابتدائى، فإن جهد المخرج يتغير. فى هذا النوع، ينجز ذلك باستخدام حساس (sensor) ومجموعة من موحدات التيار السيليكونى المحكوم (silicon - controlled rectifiers SCRs) . تكشف الحساسات التغير فى الجهد وترسل إشارة إلى الموحدات SCRs، والتى تقفل أو تفصل لتغير نسبة اللفات وبالتالى يتغير مخرج المحول. يعتمد مدى التنظيم على الغرض من استخدام المنظم. فمثلاً يتغير المدى فى منظمات الجهد المستخدمة للحاسبات فى حدود (+ ١٠ ٪) إلى (– ١٥ ٪). ويكون المدى للدوائر ذات ١٢٠ ڤولت من ١٠٢ ڤولت إلى ١٣٢ ڤولت. توجد أنواع من المنظمات ذات مدى من (+١٥ ٪) إلى (–٢٧ ٪).

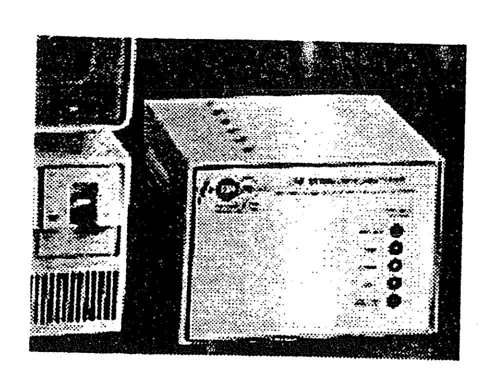
يوضح شكل (١٣ – ٢٢) أحد أنواع منظمات مفاتيح التقسيم.

٢ - منظمات الرنين الحديدي (Ferroresonant Regulators)

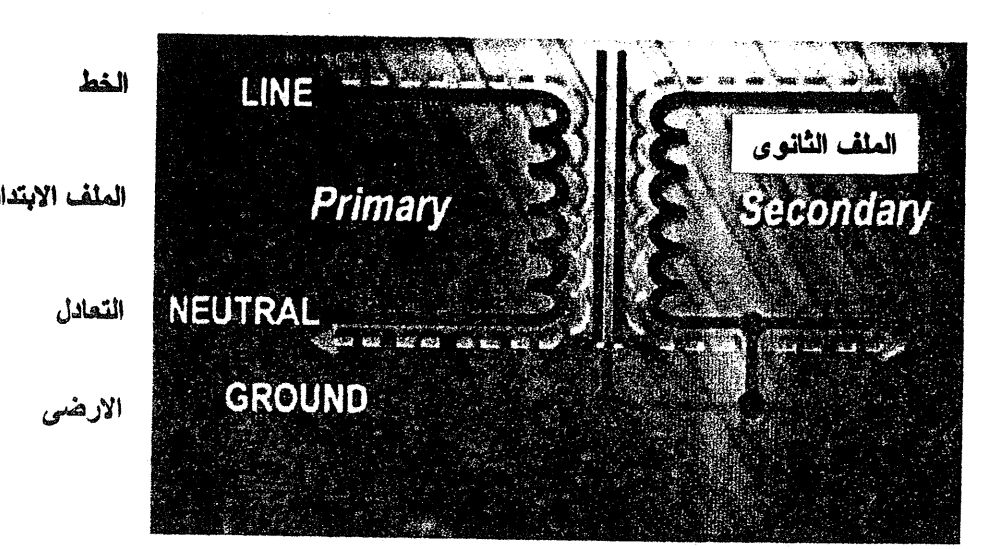
والتى تسمى أيضاً الحديدية (Ferros) والموضحة بشكل (١٣ – ٢٣).

تعتمد هذه المنظمات على مايعرف بتنظيم الجهد من خلال التشبع (Saturation).

فكرة عمل المحول أنه عند مرور تيار خلال الملفات الابتدائية يتخلق مجال كهرومغناطيسى يؤدى إلى إحداث تيار بالملفات الثانوية. كلما زاد التيار الابتدائى كلما زادت كمية الفيض فى القلب.



شكل (١٣ – ٢٢) أحد أنواع منظمات مفاتيح التقسيم.



شكل (١٣-٢٣) منظم الرنين الحديدى

وبالتالى يقابله زيادة التيار الثانوى. توجد نقطة عندها لاتسبب الزيادة فى التيار زيادة فى الفيض. عند حدوث ذلك، لايمكن مرور تيارات أكثر من الملفات الابتدائية إلى الثانوية بالمحول، وتعرف هذه النقطة بنقطة التشبع.

تصمم المنظمات الحديدية (Ferros) لتصل إلى نقطة التشبع سريعاً، وذلك للتغلب على الزيادة السريعة فى التيار للمرور بالملفات الثانوية ثم إلى المعدات الحساسة.

يمتاز المنظم الحديدى بأنه يخفض بشدة التشويش العادى (normal mode noise) والتشويش المشترك (common mode noise) حيث أن له ربط بين نقطتى التعادل (neutral) والتأريض (ground) بالملفات الثانوية فإنه يتخلص من التشويش المشترك، بينما يخفض بدرجة كبيرة التشويش العادى لأنه لايمر خلال قلب المحول المشبع.

ولكن يكون لهذا النوع عدة عيوب وهى:

١ - ذي معاوقة عالية (High impedance)

أى أن الكفاءة منخفضة، ولذا فإن أغلب المنظمات الحديدية تكون لها قدرة إضافية للتغلب على ذلك، ولكن إذا كان حجم أو مقاس (السعة) المنظم غير مناسب أو أنه يقابلها طلب قدره لايمكن معالجته فإن الحمل لن يجد احتياجه من القدرة، ويحدث هذا خاصة للأحمال ذى تيارات اندفاعية عالية (inrush currents) مثل الحاسبات الآلية.

٢ - التشوه بالتوافقيات (Harmonic distortion)

ينتج المنظم الحديدى موجات مربعة (square waves) وبعض المنظمات تحتوى على معدات ترشيح (Filtering devices) ولكن معظمها لايعمل بكفاءة. والنتيجة فإن التيار المشوه بالتوافقيات يسبب مشاكل للأحمال الحساسة خاصة الحاسبات الآلية.

٣ - الحجم والوزن (Size and weight)

غالباً ما يكون هذا النوع ذو حجم كبير ووزن ثقيل نتيجة استخدام كمية من الصلب تلزم للوصول إلى حالة التشبع. يسبب استخدام الحديد تشويش صوتى وينتج عنه حرارة.

اختيار ومواصفات منظمات الجهد

Voltage Regulators - Specifications & Selection

١ - منظمات مفاتيح التقسيم:

يختار المنظم الذى يمكن ضبط نقط التقسيم عند نقط التيار الصفرية (Zero current point) لموجة المخرج. توجد أنواع أخرى يتم الضبط فيها عند نقط التقاطع الصفرى للجهد.

هذه الأنواع يمكن أن تسبب حالات عابرة (transient) إلا إذا كانت تغذى أحمال خطية (Linear load).

تحتوى الأنواع الجيدة من المنظمات، على الأقل، على ٤ نقط تقسيم أقل من الجهد المقنن، وعدد ٢ نقط تقسيم أكبر من الجهد المقنن بمجموع كلى ٧ نقط تقسيم.

تكون خطوات نقط التقسيم عادة من ٤ ٪ إلى ١٠ ٪ اعتماداً على التصميم.

يعتبر زمن الاستجابة (response time) من أهم عناصر اختيار المنظم، والتى يجب ألا تزيد عن دورة أو دورتين فقط. ويجب التأكيد على أن زمن الاستجابة الكلى لايمثل فقط زمن الاستجابة ولكن أيضاً زمن الاحساس (sense time).

والميزة الكبرى لهذا المنظم أن له معاوقة منخفضة (low impedance).

٢ - منظمات الرنين الحديدي :

يعتبر حجم منظمات الرنين الحديدى والتى تعرف أيضاً بمحولات الجهد الثابت (Constant voltage transformers) من أهم الاختيارات. بعض هذه الأنواع تغذى من ١٢٥ ٪ إلى ٢٠٠ ٪ من حملها المقنن. فمثلاً إذا كان تيار البداية أو التيار الاندفاعى (Inrush currents) لجهاز ما (طابعة مثلاً) كبير جداً فإن المنظم لن يتمكن من التغذية بالجهد المصحح. لذا فإن المنظمات يجب أن تكون ذات أحجام أكبر للتغلب على التيارات الكبيرة أو الاندفاعية. غالباً تحافظ المنظمات الحديدية على ثبات جهد المخرج فى الحدود من (-٢٠ ٪) إلى (+٤٠ ٪) ويحتوى المنظم على مكثفات يتم تغييرها دورياً.

مثال لمواصفات منظم الجهد:

* القدرة : ١٥ : ٣٠٠ ك. ف. أ
* المدخل : ثلاثة أطوار (أو ثلاثة أطوار وأرضى)
* جهد المدخل : ٣٨٠ ف أو ٤١٥ ف ٥٠ هرتز
* حدود سماحية جهد المدخل : ± ١٥ ٪
* المخرج : ثلاثة أطوار (أو ثلاثة أطوار وأرضى)
* جهد المخرج : ٢٢٠ / ٣٨٠ ڤولت أو ٢٤٠ / ٤١٥ ڤولت ٥٠ هرتز
* تنظيم جهد المخرج: ± ٤ ٪

يوضح جدول (١٣ – ١٢) تطبيقات لاستخدام منظمات الجهد.

جدول (١٣ - ١٢)

تطبيقات استخدام منظمات الجهد

النشاط	التطبيق
الطبى	* نظم معالجة الأورام * نظم التصوير
بيانات العمليات	* نظم الحاسبات الآلية * مسار جانبى أو مخرج UPS
الصناعى	* مراكز التحكم بالمحركات * مديرات التردد المتغيرة
التجارى	* الإضاءة * النظم الصوتية * محاكيات نظم الطيران

نظم البطاريات الاحتياطية

Battery Backup Systems

لعلاج مشاكل جودة التغذية الكهربائية يلزم تواجد بعض مصادر التغذية الاحتياطية. لإتمام ذلك تستخدم مفاتيح تحويل آلية (automatic transfer switches) ومصادر على التوازى. من أغلب المصادر الشائعة النظم المعتمدة على وجود البطاريات.

وتستخدم نظم البطاريات الاحتياطية لتغذية الأحمال الحرجة. من الأنواع الشائعة :

* مصدر القدرة الاحتياطية
* مصدر القدرة عند انقطاع التغذية

وفيما يلى توضيح كل نوع:

١ - مصادر القدرة الاحتياطية Standby Power Supplies (SPS):

وهى عادة عبارة عن وحدات صغيرة من ١٠٠ وات ولحوالى ١٠٠٠ وات وتستخدم لحماية حاسب آلى أو اثنين فقط. ضد الانقطاعات اللحظية لمصدر التغذية الأساسى يتغذى SPS من مصدر التغذية الرئيسى AC وهو بدوره يغذى مباشرة الحمل (الحاسب الآلى مثلاً)، عند انخفاض أو انقطاع جهد المصدر فإن SPS يعمل آلياً لتغذية الحمل من خلال البطارية. حيث يحول التيار المستمر (DC) إلى تيار متغير (AC) لتغذية الحمل. تعتمد فترة استمرار تشغيل SPS على حجم البطارية وحمل الحاسب الآلى.

كيفية اختيار SPS:

يتم اختيار حجم المصدر SPS بحيث يكون أكبر من قدرة الحمل الذى سيتم تغذيته. فمثلاً إذا لم يكن معروفاً قدره الحاسب الآلى الذى يتم اختيار مصدر SPS له، عندئذ يحدد التيار اللازم لكل من CPU والشاشة ويجمع التيارين وتضرب النتيجة فى جهد المصدر نحصل على قدرة المصدر SPS بوحدات فولت أمبير (VA). لاتستخدم المصدر SPS لتغذية الطابعة لأن تيار بداية التشغيل للطابعة يؤدى إلى انهيار الـ SPS.

عند اختيار SPS يجب مراعاة الآتى:

* يكون زمن البطارية كافى (battery time).

* يكون زمن التحويل (switching time) من ٢ مللى ثانية إلى ١٢ مللى ثانية.

* أن يحتوى على بيان UL.

* تكون موجه المخرج جيبية (sinewave).

* يحتوى على خامد surge بالمخرج.

* يحتوى على انذار مسموع فى حالة انخفاض جهد البطارية.

* يمكن تغيير البطارية.

٢ - مصادر القدرة المستمرة (غير منقطعة)

(Uninterruptible Power Supplies UPS)

UPS عبارة عن معدة للحصول على قدره مستمرة وكافية لأحمال محددة. ويوجد منها أنواع متعددة وأحجام مختلفة. ويستخدم UPS لتغذية الأحمال الالكترونية الحساسة الحرجة بقدرة نظيفة ومستمرة. ويمكنه أن يحمى المعدات الالكترونية من أغلب الحالات التى تتعرض لها من الشبكة الكهربائية. ويغذيها بالكهرباء حتى لو انقطعت تغذية المصدر بالكامل ولمدة تعتمد على خصائص البطارية الداخلية.

يوضح شكل (١٣ - ٢٤) النظام التقليدى.

توجد ٤ أنواع أساسية للـ UPS هى:

- وحدة الرنين الحديدى (Ferroresonant)
- وحدة خط تفاعلى (Line interactive)
- وحدة تبادل مزدوج (Double conversion)
- وحدة دوارة (Rotary)

لكل نوع ملامحه الخاصة، ولكن كل وحدة تحتوى على:

أ - وحدة الشحن أو الموحد (Rectifier or charging unit):

والتى تغذى بمصدر AC من الشبكة الكهربائية وتحولها إلى تيار مستمر DC . وتكون أيضاً مسئولة عن شحن البطارية.

ب - المبدل (Inverter):

يتغذى بتيار مستمر (DC) من الموحد أو من البطاريات ويحولها إلى تيار متردد (AC) لتغذية الأحمال.

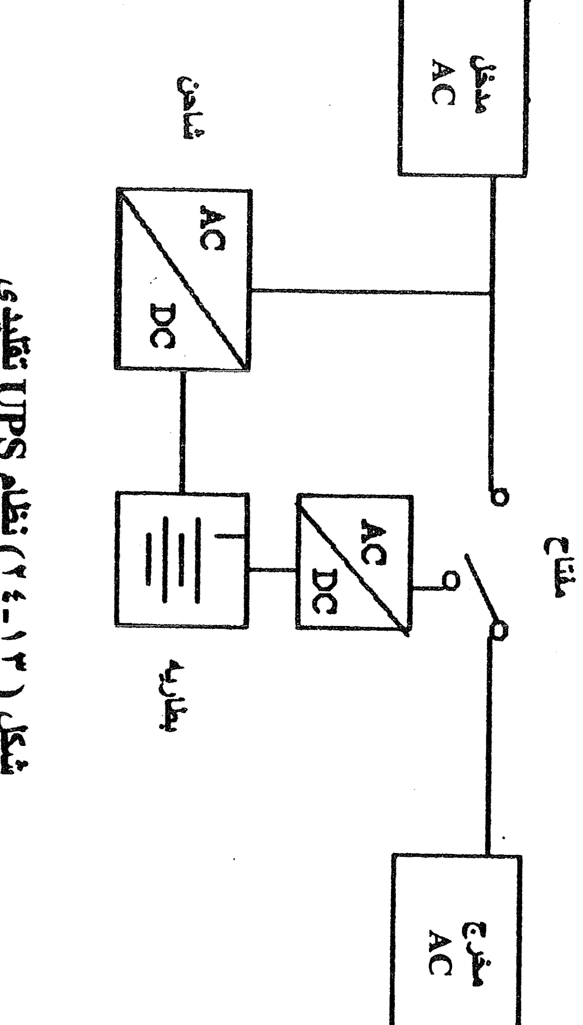
جـ - مصفوفة البطارية (Battery bank):

تغذى المبدل بتيار مستمر (DC) فى حالة انقطاع التغذية (AC).

وفيما يلى توضيح أنواع UPS:

١ - نظام الرنين الحديدي (Ferroresonant UPS):

يحتوى على محول الرنين الحديدى لتنظيم قدرة المدخل. عند انقطاع التغذية الكهربائية، فإن الوحدة تستخدم الطاقة المخزونة فى المحول للتغذية حتى يجهز المبدل (inverter) عن طريق مصفوفة البطاريات.



شكل (١٣-٢٤) نظام UPS تقليدى

فى هذا النوع، يعمل المبدل فقط عند انقطاع مصدر التغذية. وتستخدم وحدات الرنين الحديدى غالباً فى التطبيقات أحادية الطور.

يوضح شكل (١٣ – ٢٥) نظام الرنين الحديدى.

٢ - نظام خط تفاعلي (Line interactive UPS):

يحتوى هذا النظام على مبدل ذى اتجاهين (bi-directional inverter) ، ومصفوفة بطاريات، مكيف قدرة وحاسب (onboard computer) . يعمل المبدل بصفة مستمرة. يغذى المبدل مكيف القدرة بمصدر تيار متردد AC. ويشحن البطارية فى نفس الوقت، ويتحكم الحاسب فى قدرة الحمل. فى حالة انقطاع التغذية، يتغذى المبدل من خلال مصفوفة البطارية ويغذى بدوره جميع الأحمال.

يوضح شكل (١٣ – ٢٦) هذا النوع.

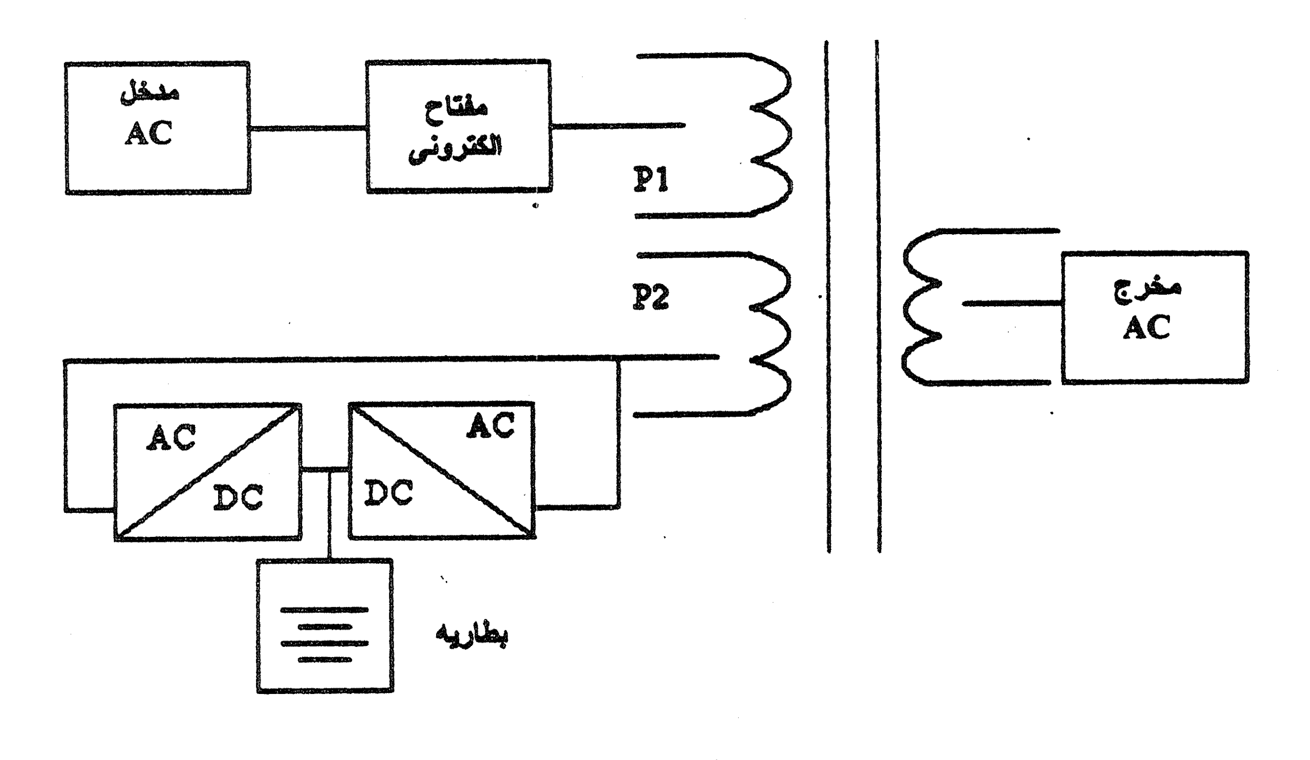
٣ - نظام التحويل المزدوج (Double Conversion UPS):

يحتوى هذا النظام على شاحن موحد ومصفوفة بطارية ومبدل. فى هذه الوحدة يستمر عمل المبدل ويغذى ١٠٠٪ من الحمل. عند وجود مصدر التغذية من الشبكة الكهربائية فإن تغذية المبدل تكون من خلال الشاحن. فى حالة انقطاع التغذية الكهربائية فإن المبدل يتغذى من مصفوفة البطارية ولايحدث أى انقطاع عن الحمل.

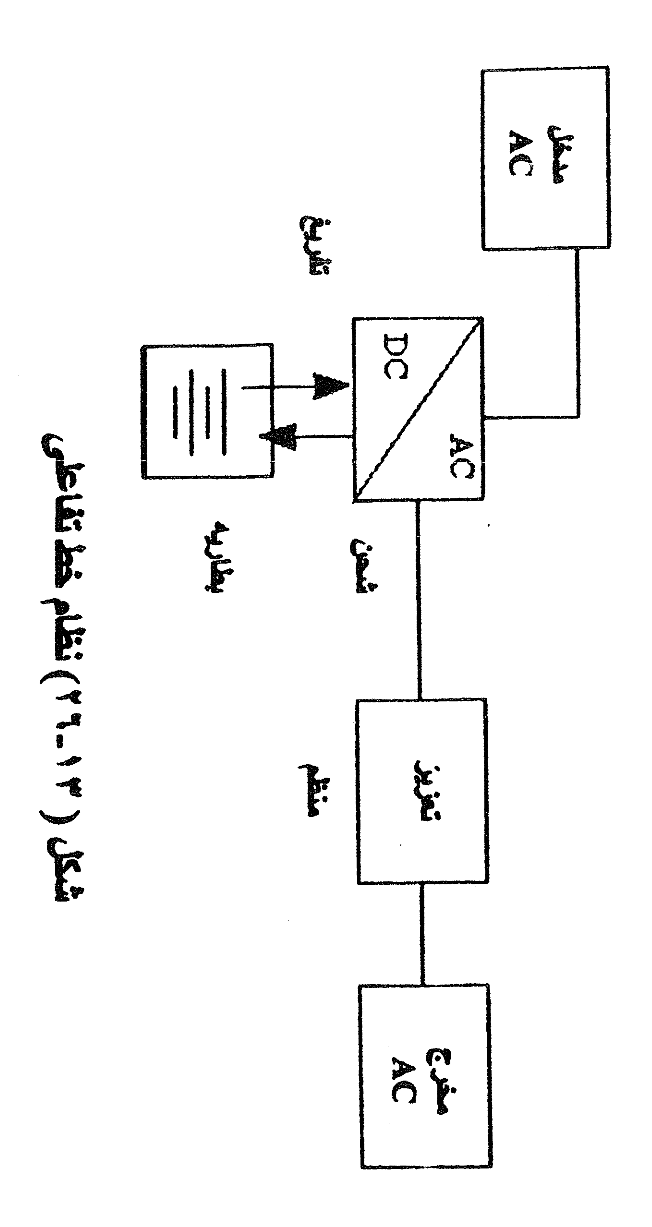
ويوضح شكل (١٣ – ٢٧) نظام التحويل المزدوج.

٤ - نظام دوار (Rotary UPS):

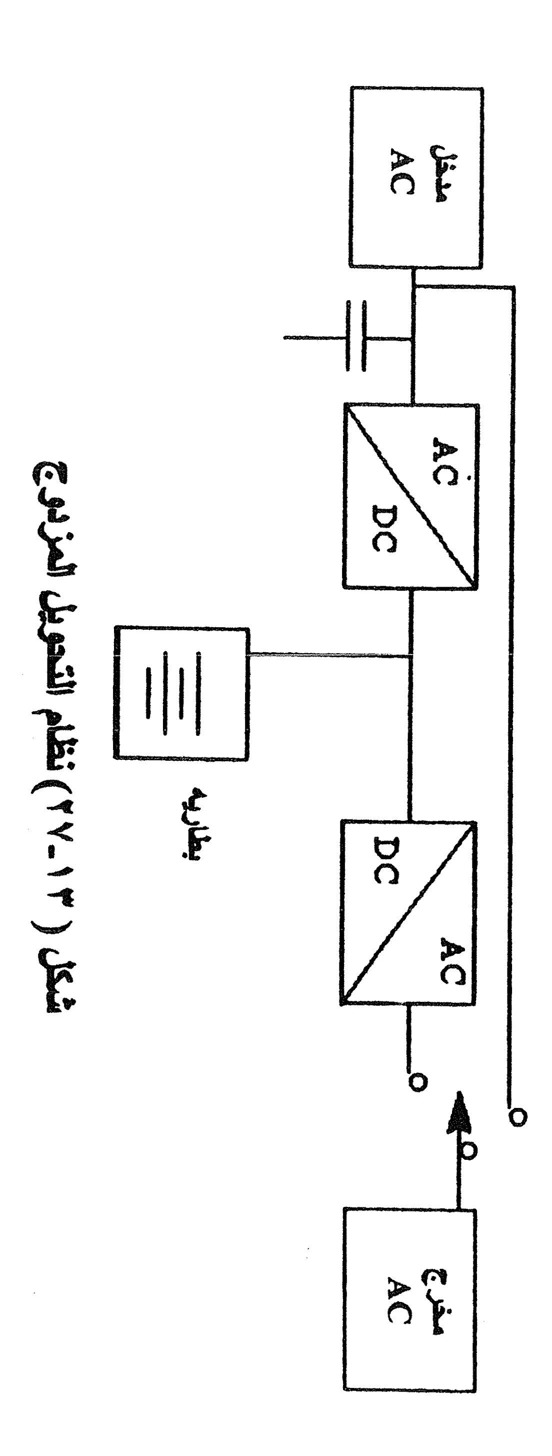
يستخدم هذا النظام وحده مولد محرك (motor generator set) مع وحدة UPS استاتيكية. ويكون الغرض من استخدام وحدة مولد محرك هى الحصول على عزل كلى لمصدر التغذية الخارجى.



شكل (١٣-٢٥) نظام الرنين الحديدى



شكل (١٣-٢٦) نظام خط تفاعلي



شكل (١٣-٢٧) نظام التحويل المزدوج

فى حالات التشغيل العادية، تغذى الأحمال بالكامل من وحدة المولد المحرك.

عند انقطاع التغذية يستمر عمل وحدة المولد المحرك لفترة قصيرة نتيجة خاصية القصور الذاتى (inertia) ويكون هذا الزمن كافى ليسمح للمبدل بالعمل ويغذى وحدة المولد المحرك بالتغذية اللازمة. يوفر هذا النظام مستوى عالى من الحماية ولكنه مكلف.

يوضح شكل (١٣ – ٢٨) مكونات نظام UPS دوار.

كيفية اختيار UPS:

يعتمد اختيار UPS على حجم ونوع الحمل اللازم حمايته. فيما يلى النقاط التى يجب أن تؤخذ فى الاعتبار :

١ - نوع وحجم الحمل (Type and size of the load):

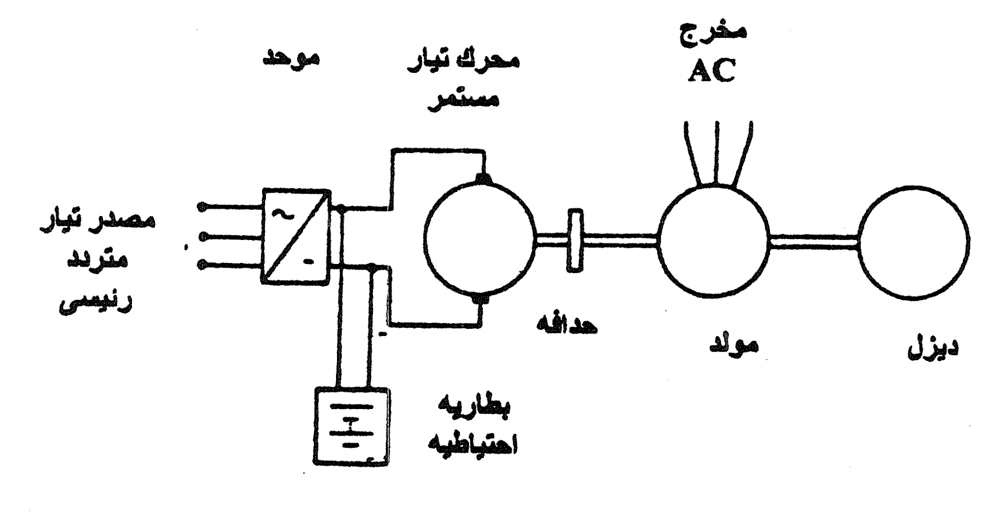
للأحمال ثلاثية الطور لاتكون نظم الحديد الرنينى مناسبة، وأيضاً الأحمال ذات تيارات بداية التشغيل العالية أو التيارات الاندفاعية (inrush currents)، وعند اختيار الحجم يجب عدم تجاهل خطة التوسعات.

٢ - مكان التركيب (Installation location):

يعتمد اختيار نوع النظام على مكان استخدامه فمثلاً يفضل استخدام وحدات التفاعل الداخلى بالمكاتب لأنها تتصف بأنها أقل الأنواع شوشرة ولايصدر عنها سخونة وحرارة.

٣ - الكفاءة (Efficiency):

تحدد تكلفة التشغيل تبعاً لكفاءة النظام، فإن الكفاءة العالية يقابلها تكلفة تشغيل منخفضة.



شكل (١٣-٢٨) وحده UPS دواره

يوضح جدول (١٣ – ١٣) مقارنة بين التقنيات المختلفة لنظم UPS .

جدول (١٣ - ١٣) مقارنة بين التقنيات المختلفة لنظم UPS

النظام	المميزات	العيوب
احتياطى (التقليدى) Standby	– تكلفة منخفضة	– نظم الوقاية ضعيفة – لايحتوى على تكييف للخط – زمن التحويل من ٢ إلى ٥ مللى ثانية – موجة المخرج مربعة – يجب استبدال البطارية باستمرار
وحدة خط تفاعلى Line interactive	– تكلفة معتدلة – موجة المخرج جيبية	– زمن التحويل من ٢ إلى ٥ مللى ثانية – غير معزول – تنظيم الجهد محدد – وقاية محددة ضد الانقطاع اللحظى – لايحتوى على وقاية ضد التوافقيات
الرنين الحديدى Ferroresonant	– بدون زمن تحويل – موجة المخرج جيبية – عزل ممتاز – تنظيم جهد جيد	– الاستجابة للتردد سيئة – لايحتوى على مسار جانبى آلى – وزنه ثقيل – سعر متواضع
وحدة تبادل مزدوج on line double Conversion	– تنظيم جهد ممتاز – استجابة للتردد ممتازة – عزل مجلفن – مسار جانبى آلى	– سعر متواضع

المولدات

Generators

أحياناً تستمر انقطاعات التغذية الكهربائية لفترات طويلة أكبر من الأزمنة التى تتحملها نظم البطاريات الاحتياطية (SPS) أو (UPS). أحياناً تكون فترات الانقطاع هامة جداً لبعض الأحمال الحرجة عندئذ يجب توافر مصدر لتوليد الكهرباء عبارة عن مجموعة مولد محرك (Motor - Generator Set). مجموعة MG عبارة عن محرك تيار متردد ومولد تيار متردد متصلين معاً. هذه الوحدة تستخدم الكهرباء لتوليد الكهرباء. تستخدم MG القدرة الميكانيكية للمحرك لإدارة المولد. ويغذى المولد الأحمال بالقدرة الكهربائية.

أى تشويش أو حالات عابرة بالمجموعة تؤثر فقط على مدخل التغذية للمجموعة ولاتنتقل إلى الأحمال. يتم تنظيم الجهد عن طريق القصور الذاتى (inertia) للمحور الدوار (rotating shaft). يعتبر هذا القصور الذاتى حماية لاجتياز المتغيرات الصغيرة. ويمكن زيادتها بإضافة حدافة (flywheel) للنظام. ولذا يجب اختيار حجم المولد تبعاً للحمل المطلوب، يمكن حدوث انحدارات جهد عند التغير المفاجئ للحمل أو عند بداية تشغيل أحمال عالية.

يوضح شكل (١٣ – ٢٩) نموذج مولد محرك.

مواصفات واختيار المولدات:

يتوافر بالأسواق وحدات مولد محرك بأحجام مختلفة سواء أحادية الطور أو ثلاثية الطور.

توجد ثلاثة أنواع أساسية من وحدات مولد محرك، كل نوع يستخدم مولد لتغذية الأحمال والاختلاف بينهم فى طريقة تغذية المولد.

فيما يلى توضيح هذه الأنواع:

١ - المحركات التأثيرية (Induction motors):

يعتبر هذا النوع من أقل الأنواع تكلفة، لأن منظم الترددات منخفض السعر.

٢ - محركات التيار المستمر (DC Motors):

تمتاز بأنها تغذى ترددات المخرج المختلفة عن ترددات المدخل. بعض الحاسبات الآلية تعمل عند تردد قدرة أعلى من تردد الشبكة الكهربائية، هذا النوع غالباً يستخدم مع هذه الحاسبات.

٣ - محركات تزامنية (Synchronous motors):

تعتبر أكثر الأنواع تكلفة، لارتفاع سعر منظم التردد.

عند اختيار مجموعة MG يجب مراعاة الآتى:

أ – العزل الكهربى الكلى (Total electrical isolation).

ب – تنظيم جهد المخرج ±١٪ لمدخل من + ١٥٪ إلى – ٣٠٪.

جـ – بيان UL.

د – سعة الحمل الزائد:

١٥٠٪ لمدة دقيقة واحدة

١٣٠٪ لمدة ٣٠ دقيقة

١١٥٪ لمدة ١٢٠ دقيقة

هـ – التوافقيات الكلية أقل من ٣٪.

و – مرحلة استجابة الجهد :

± ١,٥ ٪ لمرحلة حمل ١٠ ٪

± ٥ ٪ لمرحلة حمل ٣٠ ٪

± ٧ ٪ لمرحلة حمل ٥٠ ٪

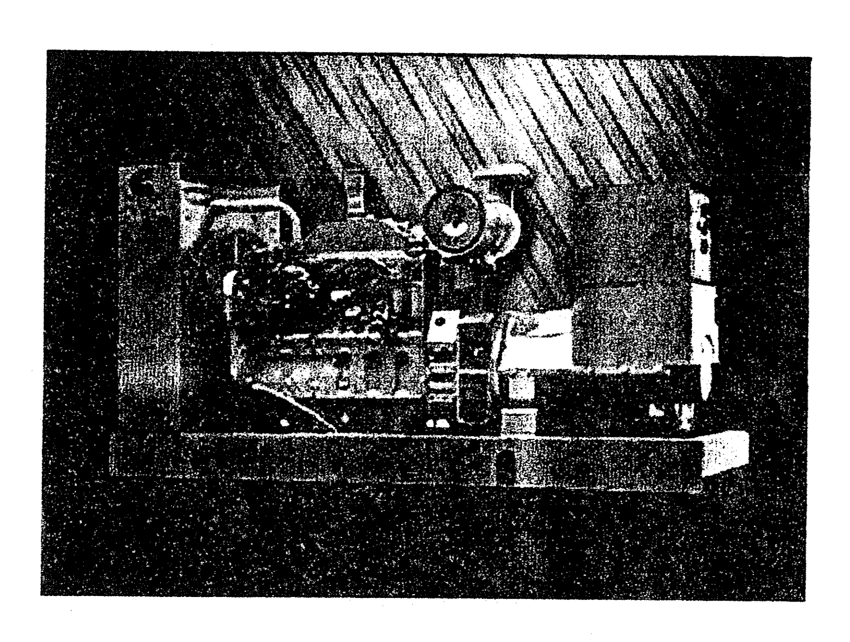
ى – ضمان لمدة سنة على الأقل

من المعروف أن مجموعة مولد محرك ليست من النظم البسيطة عند تركيبها وصيانتها. لذا يجب مراعاة أن يحدد مكان تركيبها ومساعداتها مثل مكان تخزين الوقود، مفتاح التحويل الآلى، ....

عموماً فإن المولدات تعتبر مصدر للشوشرة وتحتاج لتهوية خاصة. فى أغلب الحالات تكون للأحمال المغذاه من المولدات نسبة عالية من توافقيات التيار، لذا يوصى بأن يتم اختيار حجم المولد أكبر من أقصى حمل بحوالى من ١٠ ٪ إلى ٢٠ ٪.

يستخدم مفتاح تحويل (Transfer switch) لتحديد التغذية من المولد أو من الشبكة الكهربائية.

يجب تخزين الوقود السائل (Liquid fuel) سواء زيت أو جازولين (oil or gasoline) فى خزانين منفصلين، أحدهما خزان أساسى والآخر خزان الاستهلاك اليومى (day tank)، هذا الخزان اليومى يكون صغير وقريب من المولد. وعند انخفاض الوقود بالخزان اليومى يزود من خلال طلمبة من الخزان الرئيسى.



شكل (١٣-٢٩) مجموعه مولد / محرك

معدات الترشيح

Filtering Devices

لعلاج أو للتخلص من التوافقيات والتشويش تستخدم المرشحات أو محولات التوافقيات.

المرشحات عبارة عن معدات تعمل على تجهيز تردد مستقل عن المعاوقة. عند بعض الترددات تكون المعاوقة صغيرة جداً، وعند ترددات أخرى تكون المعاوقة كبيرة جداً.

من الشائع استخدام المرشحات فى حالتين هما:

١ – التشويش الكهربى للترددات العالية والقيمة المنخفضة

(Low magnitude, high frequency electrical noise (or EMI).

٢ – التشوه بتوافقيات التيار current harmonic distortion .

وتستخدم محولات التوافقيات لحذف أو لعلاج التوافقيات.

وفيما يلى استعراض لمعدات الترشيح.

أولاً : مرشح التشويش (Noise Filter):

يعرف التشويش أو الضوضاء (noise) بأنه أى انحراف يحدث ليؤثر فى خواص الإشارة كالتغير العشوائى الذى يحدث فى الفولت أو التيار أو الذبذبة، ويعرف التشويش أيضاً بأنه خطأ فى البيانات نتيجة عطل فى الدائرة التى تقوم بنقل هذه البيانات.

ويعرف مرشح التشويش بأنه معدة تركب على الدائرة الكهربائية بغرض تقليل التشويش الكهربى حيث تسمح هذه المعدة بمرور التردد الأساسى (٥٠ أو ٦٠ هرتز) وتمنع الترددات الأخرى. وعادة يوجد التشويش الكهربى فى أغلب

(أو جميع) الشبكات الكهربائية. ويتسبب هذا التشويش فى تشوه الإشارات الكهربائية القياسية. وعند وصولها إلى قيم عالية فإنها تؤثر فى عمل المعدات الالكترونية. ويمكن ملاحظتها ببساطة عند تأثر التليفزيون باشتغال ماكينة التنظيف بالشفط (vacuum cleaner) حيث تصبح الصورة والصوت مشوهين نتيجة التشويش الكهربى الناتج من تشغيل محرك ماكينة التنظيف.

يحدث التشويش الكهربى من : المحركات، التوصيلات الكهربائية غير جيدة الرباط، عناصر التسخين بالمقاومة، بعض المحولات. وغالباً تتأثر الحاسبات الآلية والأجهزة الالكترونية بالتشويش الكهربى.

توجد أنواع متعددة من مرشحات التشويش. ولكن أكثرها شيوعاً هما:

- مرشحات التشويش السلبى (Passive noise filters).
- محولات العزل (Isolation Transformers).

أ - مرشحات التشويش السلبي (Passive noise filters):

تتكون هذه المرشحات من مقاومات ومكثفات وملفات بغرض تخليق مدى للترددات المقبولة والتى يسمح لها بالمرور. لمرشحات التردد المنخفض (low pass filters) تسمح بمرور الترددات المنخفضة وتمنع مرور الترددات العالية. بينما لمرشحات التردد العالى (high pass filters) تسمح بمرور الترددات العالية وتمنع مرور الترددات المنخفضة.

من الشائع استخدام مرشحات التردد المنخفض فى دوائر الكهرباء حيث أنها تمنع مرور الترددات العالية والتى تعتبر من أكثر مصادر مشاكل التشويش الكهربى. هذه الأنواع من المرشحات تؤثر فقط فى نوع التشويش العادى (normal mode noise) بينما لاتحذف حالات التشويش الشائع (common mode noise).

ب - محولات العزل (Isolation transformers):

محولات العزل هى عبارة عن مجموعتين من الملفات مشتركين فى قلب مغناطيسى. هذه الملفات مفصولة بتسليح مغناطيسى (magnetic shielding) . هذا التسليح يحذف أو يقلل التشويش الكهربى العادى (normal mode noise) عن طريق تحويله إلى نظام الأرضى.

تكون أسلاك الأرض (ground) والتعادل (neutral) مربوطين معاً بطرف مخرج المحول (output side) أو الطرف الثانوى (secondary) ، بحيث يصبحا متساوين في الجهد وعندئذ يحذف أو يمنع التشويش الشائع (common mode noise).

عند اختيار مرشحات التشويش يجب مراعاة الآتى:

– تخفيض التشويش ٦٠ ديسبل (dB) أو أكثر.

– توهين (attenuation) التشويش الشائع من ١٠ ك . هرتز إلى ١٠٠ ك. هرتز.

– الكفاءة، على الأقل ٩٠ ٪.

– الضمان، على الأقل سنة.

ثانياً : مرشح التوافقيات السلبي Passive Harmonic Filter:

تستخدم مرشحات التوافقيات لحذف التشوه بالتوافقيات الناتج من تشغيل أحمال غير خطية. عادة يسبب التشوه بالتوافقيات تحميل زائد بالمعدات الكهربائية، ومرور تيارات زائدة بسلك التعادل. وأعطال بالحاسيات الآلية، وسخونة زائدة بالمحركات والمحولات، والتشغيل الخاطئ لأجهزة الوقاية والقياس. من أكثر الأحمال غير الخطية المسببة لوجود توافقيات بالشبكات الكهربائية:

نظم الإضاءة بالتفريغ، ماكينات اللحام، أفران القوس الكهربى، جميع الأجهزة الالكترونية، الموحدات (AC/DC أو DC/AC أو AC/AC).

يوضح جدول (١٣ - ١٤) تقنيات بعض أنواع مرشحات التوافقيات السلبية من حيث تردد التوافقيات المراد ترشيحها والمميزات والعيوب. هذه المرشحات هى:

أ - مرشح توافقيات مسار تردد منخفض (النطاق الواسع) Low pass (Broad band) harmonic filter.

يوضح شكل (١٣ - ٣٠) أ تمثيل للمرشح.

بينما يوضح شكل (١٣ - ٣١) تمثيل لهذا النوع ثلاثى الأطوار.

ب - مرشح توافقيات سلبى توالى Series passive harmonic filter.

يوضح شكل (١٣ - ٣٠) ب تمثيل لهذا النوع.

جـ - مرشح توافقيات سلبى توازى (توليف) Shunt passive (tuned) harmonic filter.

يوضح شكل (١٣ - ٣٠) ج تمثيل لهذا النوع.

د - ممانعة مدخل تيار متردد سلبى توالى Series passive AC input reactor.

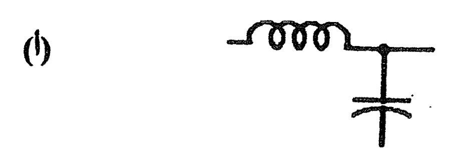
يوضح شكل (١٣ - ٣٠) د تمثيل لهذا النوع.

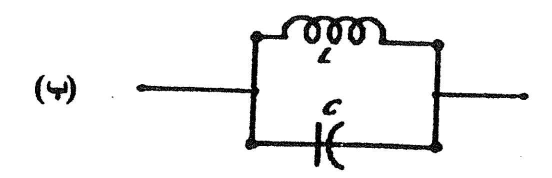
ويوضح شكل (١٣ - ٣٢) ممانعة ثلاثية الطور تركب على مدخل الخط (3 - phase line reactors).

تعمل الممانعة كمعدة للحد من التيار (current - limiting) وترشح شكل الموجة وتوهن التشويش الكهربى والتوافقيات الموجودة فى مخرج موحد المدير (drive).

جدول (١٣ - ١٤) تقنيات مرشحات التوافقيات

التقنية	مرشح توافقيات مسار تردد منخفض Low pass (Broad band) harmonic filter	مرشح توافقيات سلبى توالى Series passive harmonic filter	مرشح توافقيات سلبى توازى (توليف) Shunt passive (tuned) harmonic filter	ممانعة مدخل تيار متردد سلبى توالى Series passive AC input reactor
الرسم التوضيحى	شكل (١٣ - ٣٠) أ	شكل (١٣ - ٣٠) ب	شكل (١٣ - ٣٠) ج	شكل (١٣ - ٣٠) د
تردد التوافقيات المراد ترشيحها	جميع الترددات الأعلى من تردد الرنين	تردد توليف محدد مثلاً : تردد التوافقية الثالثة أو تردد التوافقية الخامسة	تردد توليف محدد مثلاً : تردد التوافقية الخامسة أو تردد التوافقية السابعة أو تردد التوافقية الحادية عشر	جميع ترددات التوافقيات عن طريق تغير الكميات
المميزات	- يقلل جميع ترددات التوافقيات - يزود الحمل بجميع ترددات التوافقيات أكثر من مصدر التغذية - لايحدث أي رنين مع الشبكة - لايستورد أى توافقيات من مصادر أخرى - يحسن معامل القدرة المزاح - يحسن معامل القدرة الحقيقى	- ذو معاوقة عالية لتردد التوليف - شاع استخدامه للتطبيقات أحادية الطور بغرض تخفيض التوافقية الثالثة - لايحدث أي رنين مع الشبكة - لايستورد أى توافقيات من مصادر أخرى - لايحتاج إلى تحليل نظم القدرة الحالية - يحسن معامل القدرة المزاح - يحسن معامل القدرة الحقيقى	- ذو معاوقة منخفضة لتردد التوليف - يزود الحمل بمركبات توافقيات محددة أكثر من مصدر التغذية - تأثير فعال لتردد التوليف المحدد - مطلوب فقط لنقل تيار التوافقيات وليس لتيار الحمل الكلى - يحسن معامل القدرة المزاحح - يحسن معامل القدرة الحقيقى	* تكلفة منخفضة * يحسن معامل القدرة الحقيقى * حجم صغير * لايستورد توافقيات من أحمال غير خطية أخرى * لايخلق رنين للنظام. * يحمى ضد اضطرابات مصدر التغذية
العيوب	* يجب معالجة تيار الحمل الكلى المقنن * يمكن أن يغذى الأحمال غير الخطية فقط	- يجب معالجة تيار الحمل الكلى المقنن - تأثير فعلى منخفض لغير ترددات توافقيات التوليف - يمكن أن يغذى الأحمال غير الخطية فقط	- يرشح فقط تردد توافقيات (توليف) الأحادية - يمكن أن يخلق رنين للنظام - يمكن أن يستورد توافقيات من أحمال غير خطية أخرى - يحتاج لعدد من المرشحات لتحقيق حدود التوافقيات النموذجية المطلوبة - يحتاج تحليل للتوافقيات قبل إضافة هذا المرشح إلى الشبكة.	* يجب معالجة تيار الحمل الكلى المقنن * يحسن فقط تشوه التيار بالتوافقيات حتى ٣٠ - ٤٠ ٪ كأفضل حل * تقليل منخفض لمعامل القدرة المزاح



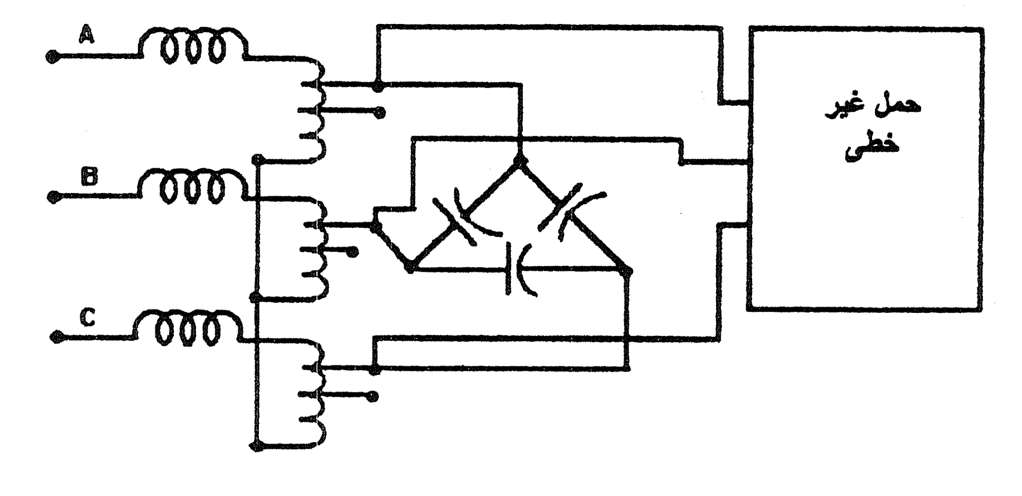


L C

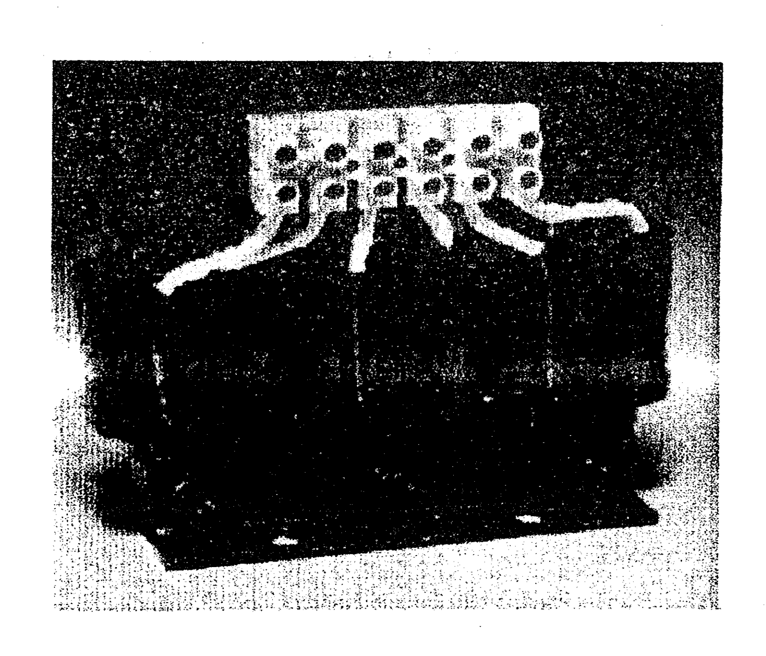
(ء) (ج)

شكل (١٣-٣٠)

(أ) مرشح توافقيات مسار تردد منخفض
(ب) مرشح توافقيات سلبى توالى
(ج) مرشح توافقيات سلبى توازى
(ء) ممانعه مدخل تيار متردد سلبى توالى



شكل (۱۳-۳۱) تمثيل حاله مرشح التوافقيات ثلاثى الطور نطاق واسع(يمثل شكل (۱۳-۳۰) أ حاله طور واحد)



شكل (١٣-٣٢) ممانعه ثلاثيه الطور تركب على مدخل الخط

وعادة تستخدم الممانعة لحماية مديرات السرعة المتغيرة (ASDs) ، حيث تساعد على زيادة عمر المحرك، وتقليل تشوه مصدر التغذية، وتوهن التوافقيات وتلغى الفصل الخاطئ.

تستخدم الممانعة إما فى مدخل الخط وعندئذ تعرف بممانعة الخط (Line reactor) أو توصل مع المحرك (الحمل) وعندئذ تعرف بممانعة الحمل (load reactor).

يوضح شكل (١٣ – ٣٣) أ طرق توصيل ممانعة الحمل.

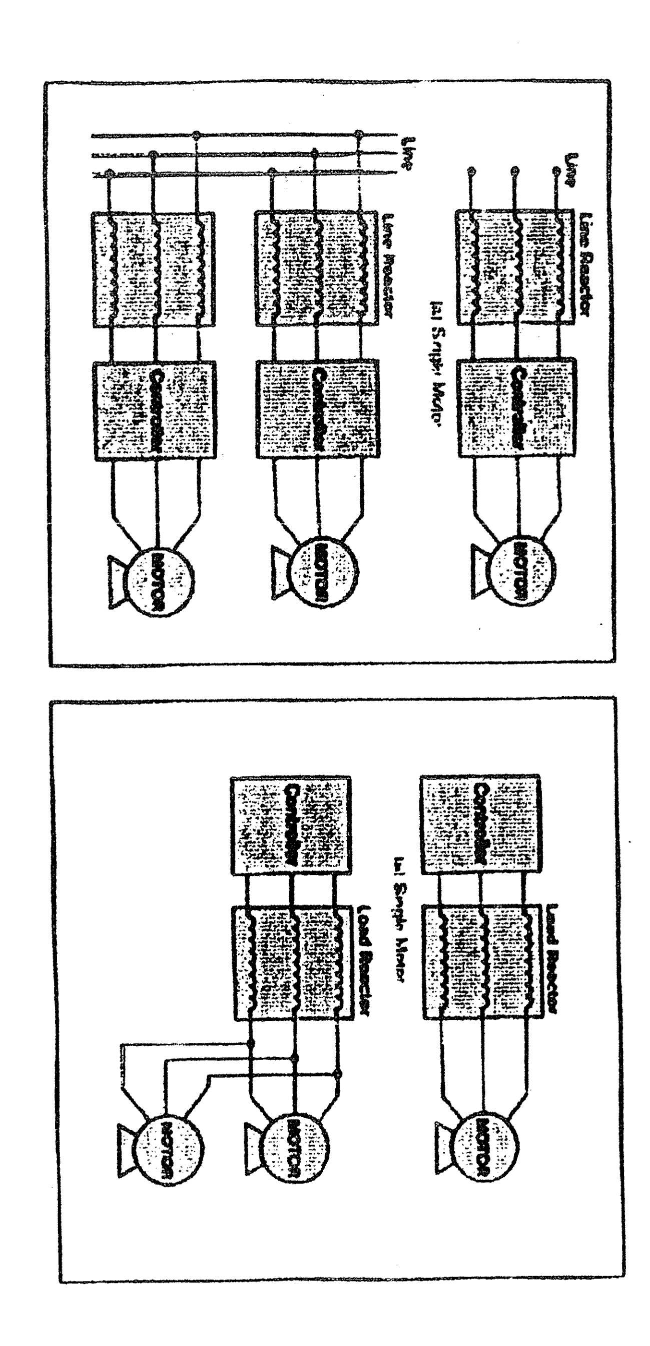
بينما يوضح شكل (١٣ – ٣٣) ب طرق توصيل ممانعة الخط.

لمدير التردد المتغير ذى ٦ نبضات (6 - pulse VFD) يعتمد التشوه الكلى للتيار THDI% على قدرة المحرك كما فى جدول (١٣ – ١٥).

جدول (١٣ - ١٥)

التشوه الكلي للتيار لمديرات التردد المتغير

قدرة المحرك		حدود THDI%
ك. وات	الحصان	
أصغر من أو يساوى 15	1 - 20	> 100
18 - 30	25 - 40	80 - 100
37 - 112	50 - 150	60 - 80
أكبر من 150	أكبر من 200	50 - 70



شكل (١٢-٣٢) أ طرق توصيل ممانعه الحمل

شكل (١٢-٣٢) ب طرق توصيل ممانعه الخط

ثالثاً : مرشح التوافقيات الفعال (Active Harmonic Filter)

التحكم الفعال بالتوافقيات (Active Harmonic Control)

فكرة هذا النظام أنه يراقب الإشارة الكهربائية المشوهة بالتوافقيات، ويحدد تردد وقيمة التوافقيات المحتوية عليها، ثم يحذف هذه التوافقيات عن طريق حقن ديناميكى لتيار معاكس (dynamic injection of opposing current).

وحدة التحكم فى التوافقيات الفعالة عبارة عن الكترونيات قوى تستخدم دوائر منطقية رقمية ونظيرية (analoge and digital logic) بغرض:

- حقن تيار والحس والإدارك بالتيار (sense and inject current).
- حذف التوافقيات (cancelling harmonics).
- التزويد بالقدرة غير الفعالة (providing reactive power).

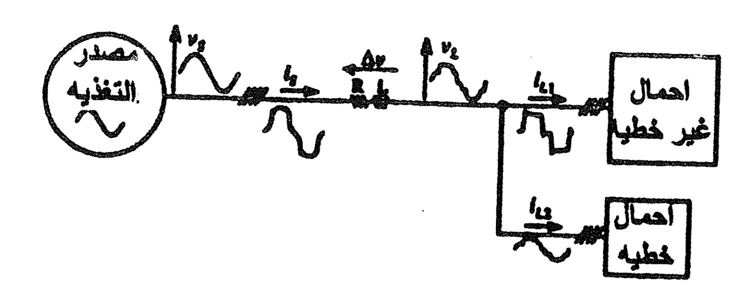
يوضح شكلى (١٣ - ٣٤)، (١٣ - ٣٥) تمثيل لأحمال خطية وغير خطية قبل وبعد تركيب مرشح فعال.

فوائد التحكم في التوافقيات:

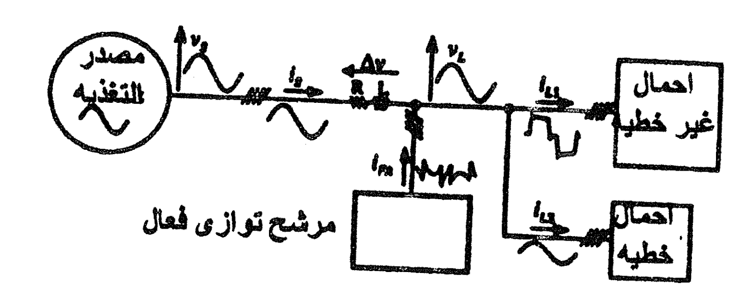
١ - فى الصناعات التى تعتمد عملياتها الصناعية على التحكمات الآلية، فإن التحكم فى التوافقيات يساهم فى تخفيض تشوه إشارات التحكمات.

٢ - فى حالة الاستثمارات العالية فى النظم الكهربائية، فإن التكلفة الأساسية للتحكم فى التوافقيات تكون منخفضة وتؤدى إلى وفر فى السعة الكهربائية (Free electrical capacity)، والتى يمكن الاستفادة منها بإضافة أحمال جديدة.

٣ - فى حالة وجود أحمال كثيرة غير خطية (مثل مديرات السرعة، ونظم UPS)، فإن التحكم فى التوافقيات يجب أن يخضع للمواصفات القياسية



شكل (١٣-٣٤) تمثيل موجات الجهد والتيار نتيجه احمال خطيه واحمال غير خطيه



شكل (١٣-٣٥) تمثيل موجات الجهد والتيار بعد تركيب مرشح توازى فعال

العالمية (IEEE - 519 - 92) بالإضافة إلى أنه يرفع معامل القدرة الكلى وأيضاً يخفض تكلفة التشغيل.

٤ – زيادة العمر الافتراضى للمعدات الكهربائية نتيجة تقليل السخونة الناتجة من وجود التوافقيات.

٥ – تخفيض المفقودات الكهربائية.

٦ – تخفيض للحد الأدنى للتيارات المسببة لانحدارات الجهد (voltage sags).

مكونات مرشح التوافقيات الفعال:

يتكون المرشح الفعال من ثلاثة أجزاء رئيسية هى:

١ – مرحلة القدرة (The power stage).

والمحتوية على جميع الممانعات (inductors) الضرورية والمرشحات (LF , VHF).

٢ – التحكم فى التوافقيات (The harmonic control).

والذى له مخارج إشارة أو إشارات اعتماداً على التيارات المحولة اللازمة لحذف التوافقيات بالنظام أو عند الحمل.

٣ – تحكم فى التشغيل (The switching control).

والذى يأخذ معلوماته من التحكم فى التوافقيات ويحولها إلى إشارات فصل / توصيل (ON/OFF) تسلط على بوابات ترانزستور القدرة (Power transistor gates).

فى الأنواع التقليدية تستخدم قنطرة IGBT ترانزستور ثنائى القطب ببوابة معزولة (Insulated - gate bipolar transistor) ذى ستة أوضاع (Six switch IGBT bridge) لمرحلة القدرة. وبسبب السرعة المحددة لـ IGBT عند القدرات

الأعلى، فإن محاثة (inductance) المرشح تكون كبيرة إذا كان المطلوب تيار موجى (ripple) صغير.

يقابل حدود المفاعل الكبير معدل بطئ لتيار المخرج وبالتالى درجات توافقيات أعلى والتى تتتابع عند القدرة الكلية. تكون النتيجة الكلية ضعف هذا العنصر. يكون الحد الديناميكى لمرحلة القدرة غالباً باستخدام تركيبة من تضمين عرض النبضة PWM (Pulse width Modulation) ومتحكم مشتق ومتكامل وتناسبى PID (Proportional, Integral, Derivative) وذلك للتحكم فى التشغيل (Switching control).

يكون المتحكم PID أبطئ من النظام المتحكم فى استقراره، وتكون المقدرة على سرعة إزاحة تيار المخرج من حالة مطلوبة إلى حالة أخرى منخفضة. زيادة سرعة المتحكم PID لموضع حدوث تجاوز الهدف (overshoot) تؤدى إلى إضعاف أداء العنصر.

توجد طرق مختلفة لعزل محتوى التوافقيات من الحمل استخدمت للمرشحات الفعالة.

لجميع الطرق تكون الاستجابة متأخرة وتحتاج زمن للاستقرار عندما يتغير الحمل فجائياً، وتكون النتيجة مستويات توافقيات جديدة تحتاج تعويض. هذا لايكون مرغوباً للمرشح الفعال لسحب أو لحقن تيارات لها قيمة والتى لاتنسب إيجابياً إلى التيارات العابرة الحقيقية المتغيرة فى الحمل.

نموذجياً، إذا زاد الحمل المراقب فجائياً، عندئذ فيجب على المرشح الفعال – لو كان له سعة أو قدرة كافية. أن يصدر قدره لهذا الحمل الزائد للمساعدة على تقليل حدوث صدمة لمصدر التغذية. عندما يختفى أو يفصل الحمل فجأة، فإن المرشح الفعال يسحب قدرة لعدد دورات قليلة وبالتالى يقلل تأثير تغير الحمل.

فيما يلى نعرض مكونات أحد أنواع المرشحات الفعالة الحديثة.

١ - مرحلة القدرة The Power Stage:

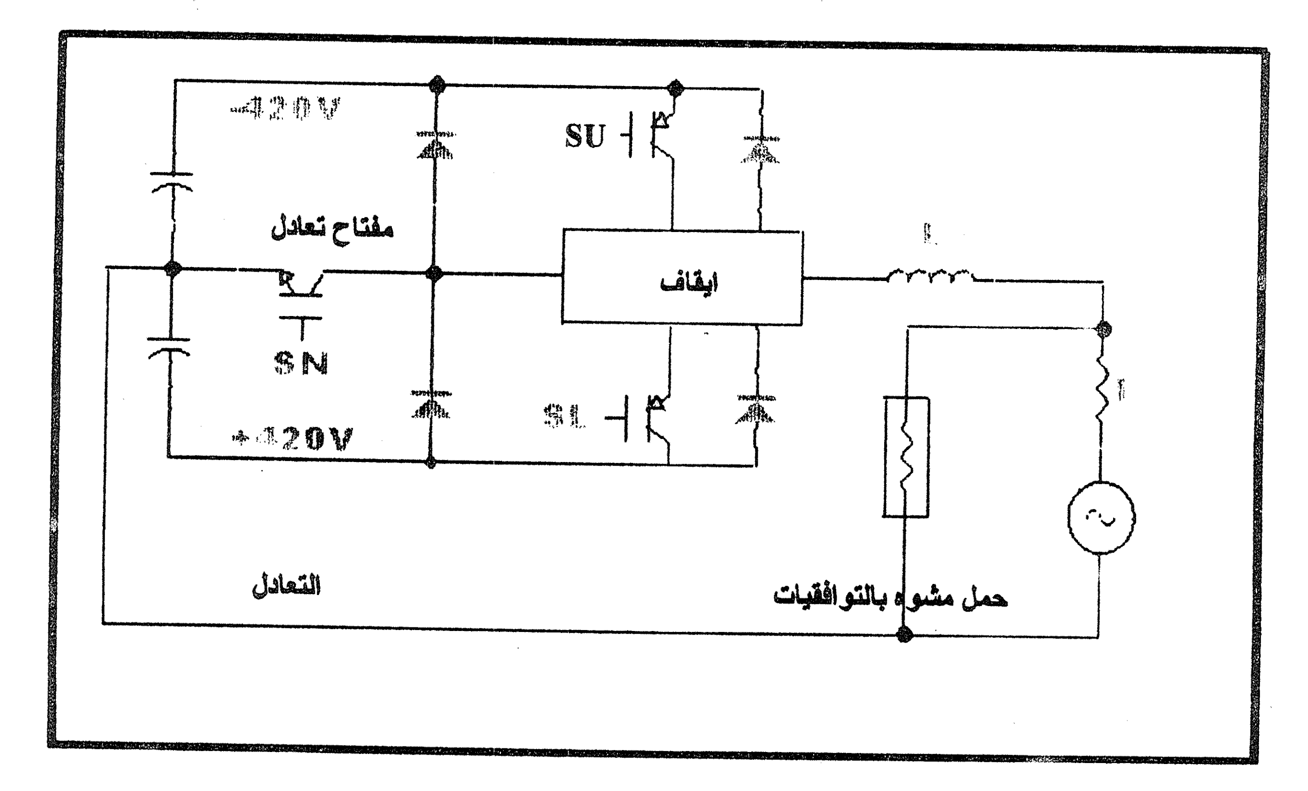
يوضح شكل (١٣ – ٣٦) دائرة مرحلة القدرة، وهى عبارة عن نصف قنطرة / ومتغير ثنائى الجهد (half bridge / voltage doubler) مع تحويله من نقطة التعادل (neutral point) إلى المخرج. وعلى ذلك يمكن تسليط ثلاثة جهود على LO ، V_{MAINS}.

عندما يكون مفتاح التعادل SN (neutral switch) مقفل، فإن التيار يمر فقط فى LO ولايمر خلال المكثفات. وهكذا يقل تيار التشغيل المار بالمكثفات. وحيث أن المكثفات تستخدم أساساً لنصف دورة الموجة المترددة فإن التيار المقنن (rms) ينخفض أيضاً . وهذه ميزة واضحة لأنها تعطى تيار موجى منخفض لنسبة uF لالكترود ٤٥٠ ڤولت، ولعمر تشغيل من ١٠ إلى ١٥ سنة. تقل محاثة المرشح الرئيسية LO بعامل حوالى ثلاثة لقنطرة ستة مفاتيح (Six switch bridge) لنفس التيار الموجى. تشغيل المفاتيح SU ، SL (فى المتوسط)، نصف، حوالى ١٠٠٠٠ مرة / الثانية لمخرج ٢٠ ك . هرتز.

يعمل SN عند المعدل الكامل (Full rate) ويفصل فقط عند أقصى ٤٥٠ ڤولت.

يمكن أن يفصل SL , SU لأقصى جهد ٩٠٠ ڤولت، لأن SU , SL تعمل لنصف موجة مترددة فإن مفقودات التوصيل (conduction losses) تنخفض، ويمكن استخدام هذا لاتزان المفقودات الكبيرة أثناء الفصل. عندما لاتصحح تيارات التوافقيات فى الاتجاه الأمامى خلال SU , SL فتنخفض مفقودات التوصيل.

تمثل الدائرة بشكل (١٣ – ٣٦) مرحلة القدرة لطور واحد وعليه فى حالة



شكل (١٣-٣٦) مرحل قدره ذو ثلاثه مستويات لطور واحد

الثلاثة أطوار تستخدم مثل هذه الدائرة لكل طور. وهى عادة تعطى ٧٠ أمبير (rms) لكل وحدة لتحسين التوافقيات لكل طور (٥٠ ك. ف. أ). فى حالة عدم اتزان الأحمال فإنه يمكن معالجة ذلك بسهولة بدون الاحتياج إلى إتزان للأحمال. ووجود توصيلة التعادل تسمح بتحسين وتصحيح التوافقيات الثلاثية ومضاعفاتها الثلاثية.

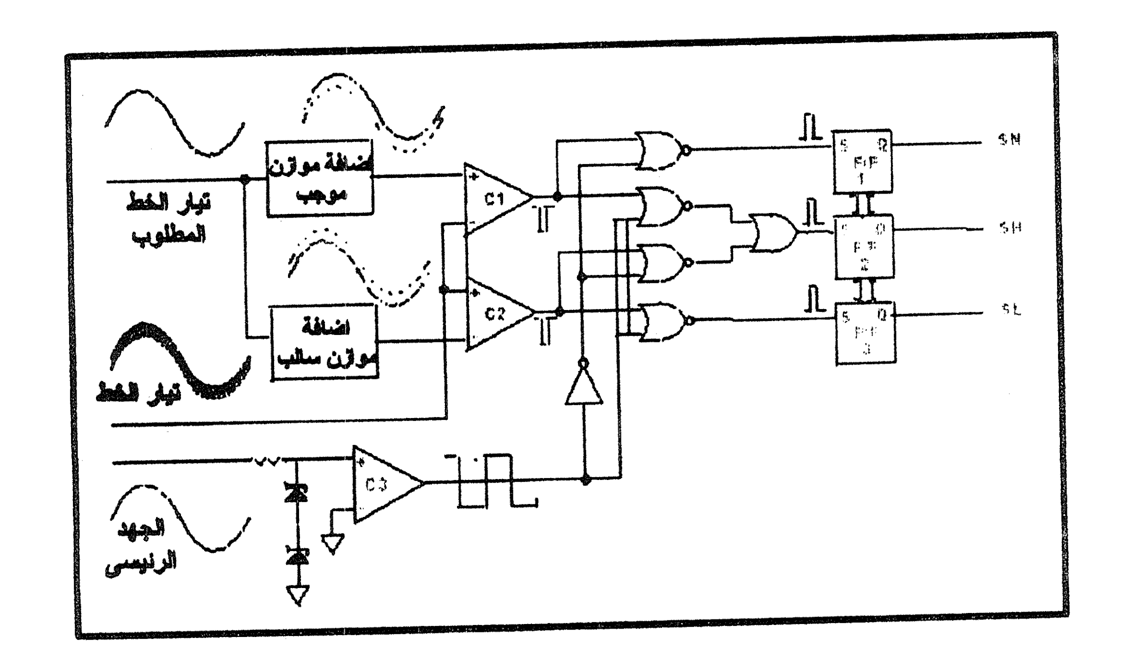
٢ - تحكم في التشغيل The Switching Control:

للوصول لأقصى تيار لمرحلة القدرة فمن الضرورى أن تظل فى حالة خاصة حتى يصل تيار المخرج إلى القيمة المطلوبة. يوضح شكل (١٣ - ٣٧) دائرة تسمى بحالة الانزلاق (sliding mode) أو دائرة تحكم الحالة الشغالة (switched mode control) وذلك عند وصول الحالات المحددة أو المحيطة إلى حالة التحويل والتى تتغير لتدفع تيار الخط المتغير المتحكم فيه فى اتجاه حدود أخرى.

يقسم تيار الخط المطلوب (Line current demand)، والذى يكون على شكل موجة جيبية، ويوازن (offset) ليخلق حدود تيار الخط (Line current) المراقب. يكون تيار الخط عبارة عن مجموع تيار المرشح الفعلى (active filter current) وتيار الحمل (load current).

فى حالة $\frac{١}{٢}$ موجة موجبة للجهد الأساسى، فإن تيار الخط يحاول أن يتعدى الحد الأعلى، يصبح C1 منخفض مسبباً وصول SU لحالة التوصيل، يعطى تيار إلى الحمل ويؤدى إلى هبوط سريع فى تيار الخط. هذا الهبوط فى تيار الخط يؤدى إلى أن يتعدى الحد الأدنى، C2 تنخفض. ويتحول وضع SN إلى التوصيل (ويصبح SU مفصولاً).

يرتفع التيار الآن بحده خلال LO، يزيد تيار الخط، وتتكرر الخطوات. بهذه



شكل (١٣-٣٧) التحكم فى التشغيل ذى ثلاثه مستويات

الطريقة تحدث أقل عدد من مرات التشغيل لحفظ تيار الخط فى الحدود المعرفة.

يحتوى التحكم فى التشغيل الموضح فى شكل (١٣ - ٣٧) على إشارة كبيرة سريعة للإستجابة لإشارة تيار الطلب (current demand). ولايوجد تجاوز للهدف (overshoot) بعد التغير الكبير فى تيار الطلب. هذه الكميات تعمل على توليد موجات ذات حد شديد واللازمة لحذف التوافقيات بنجاح.

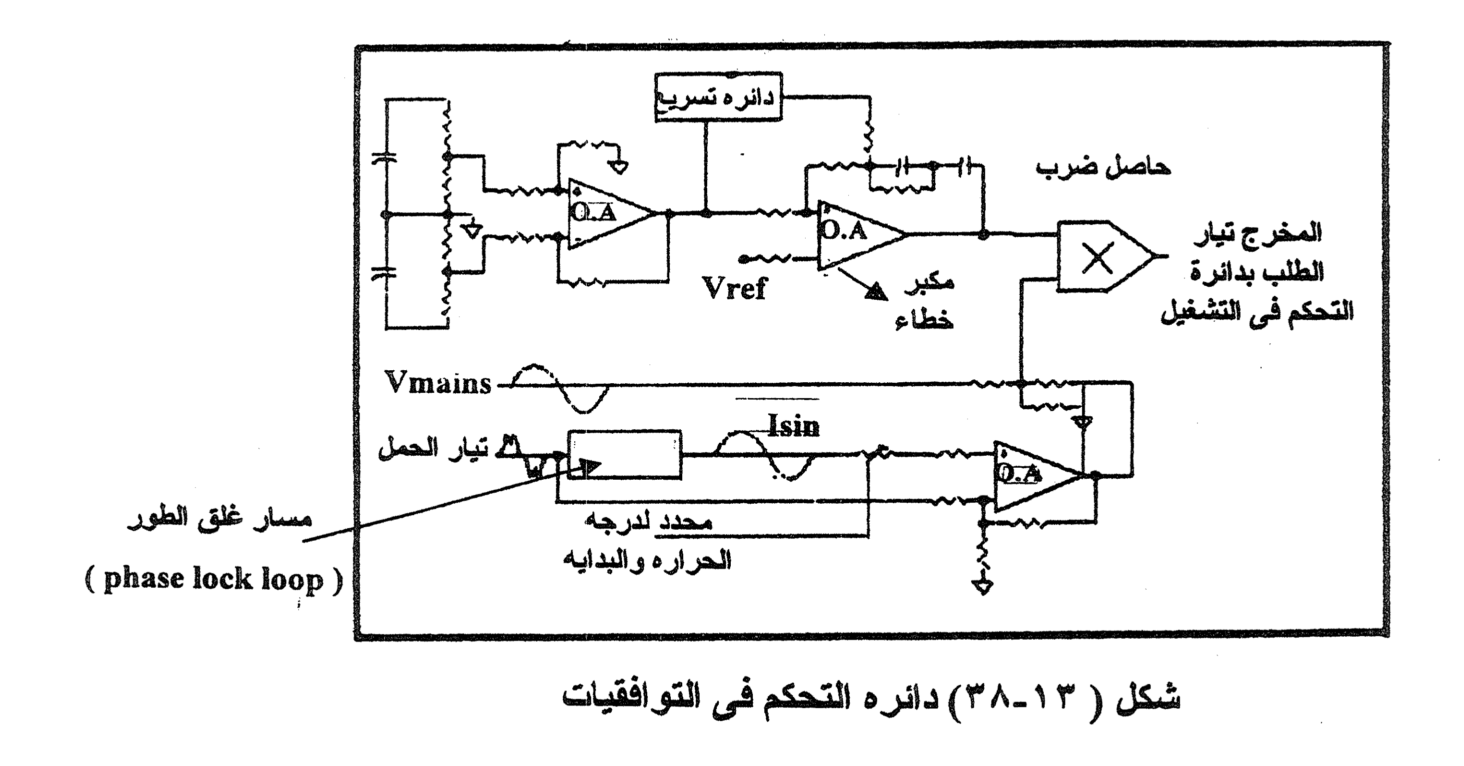
يجب ملاحظة أن، إذا كانت إشارة تيار الطلب مضبوطة عند قيمة مساوية لتيار الحمل (load current)، فإن النظام ببساطة يعمل للحفاظ على أن متوسط جهد المخرج المحول يساوى الجهد الرئيسى (main).

عند الضبط على الموجة الجيبية فإن كل التوافقيات ستعالج.

٣ - التحكم في التوافقيات (The harmonic control):

يوضح شكل (١٣ - ٣٨) دائرة التحكم فى التوافقيات، يكون مخرج هذه الدائرة عبارة عن موجة تيار الطلب (current demand, ID). عند البداية، يضبط ID بحيث يساوى تيار الحمل وذلك بضبط مقاومة RC لأعلى معاوقة. يتحكم فى قيمة ID بمكبر خطأ القضيب (bus error amplifier) لكى يسحب تيار خط زائد كافى من خلال المرشح الفعال لحفظ المكثفات عند ± ٤٢٠ فولت. يضاف الجزء المتغير فى V_{mains} مع وجود ID، وعلى ذلك، عندما يكون لتيار الحمل (I load) زاوية إزاحة عن V_{mains}، فإن القدرة الحقيقية فقط تسحب من المرشح للتغلب على المفقودات.

لزيادة كمية التصحيح، تقل RC ويصبح ID خليط من I load، I sine وتكون I sine هى المركبة الأساسية للتيار I load. فى هذه الحالة يحدث أكثر



شكل (١٣-٣٨) دائره التحكم فى التوافقيات

من ٩٠٪ تخلص مستقر للتوافقيات الموجودة. يمكن أن تتم إزاحة الزاوية الأساسية (أى تصحيح معامل القدرة) بتغير طور التيار I sine.

إذا زاد التيار فجأة، فإن I line الظاهر عن طريق التحكم فى التشغيل يصبح أكبر من ID وتكون النتيجة تصدير التيار بينما يضبط مكبر خطأ القضبان لقيمة حالة جديدة. هذا يشير إلى الاستجابة المطلوبة للتأثير على مصدر التغذية من تغير الحمل العابر. إذا اختفى التيار فجأة، سيحاول I line الهبوط أقل من ID ، والآن يأخذ المرشح تيار حتى يحدث إتزان.

مرة أخرى تتحقق الاستجابة، وتضاف دائرة رفع السرعة (Speed up circuits) إلى مكبر خطأ القضبان للوصول إلى اتزان سريع بعد التغير السريع فى الحمل وبدون أن يتعدى الحدود المعقولة (reasonable bounds) للمكثفات. عندما يتغير محتوى التوافقيات للحمل بينما يظل مستوى التيار (rms) كالسابق، عندئذ يستمر التصحيح الدقيق خلال التغير.

لحمل مشوه بالتوافقيات بيانه كالآتى:

الجهد : ٢٤٠ ڤولت (AC).

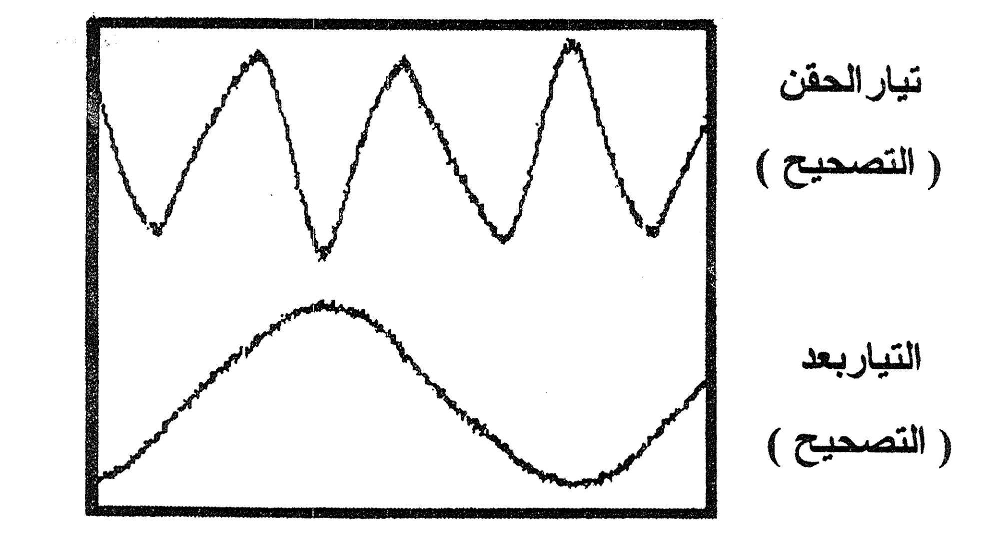
أقصى تيار : ٢١٦ أمبير.

جذر متوسط مربعات التيار (rms) : ١١٠ أمبير.

التوافقية الكلية فى التيار (THD%) : ٥٠٪.

بتوصيل مرشح فعال (active filter) بقدرة ٥٠ ك . ف. أ على التوازى مع الحمل فإن :

١ – يوضح شكل (١٣ – ٣٩) نتائج المرشح بعد تشغيله، حيث يوضح المنحنى العلوى تيار التصحيح (correction current) للمرشح الفعلى بقيمة ٥٠



شكل (١٣-٣٩) موجتى تيار الحقن والتيار المصحح

أمبير (rms) وأقصى قيمة ٨٦ أمبير.

بينما يوضح المنحنى السفلى تيار المغذى المصحح (corrected line current) بقيمة ٩٩ أمبير (rms) والتشوه الكلى للتيار انخفض إلى ٣ ٪ . وواضح الاستجابة السريعة لمرحل القدرة وللتحكم فى التشغيل.

٢ – يوضح شكل (١٣ – ٤٠) الاستجابة لتغير الحمل، حيث يوضح المنحنى العلوى تيار التصحيح للمزشح بينما يوضح المنحنى السفلى تيار الخط المصحح بقيمة ٩٩ أمبير (rms).

كذلك يوضح شكل (١٣ – ٤١) مثال آخر لموجة تيار تحتوى على ٣٨ ٪ توافقية تيار كلية (THD%) وشكل موجة الحقن والمعدل على موجة تيار مصححة تحتوى على أقل من ٤ ٪ توافقية تيار كلية.

المواصفات الفنية لأحد أنواع مرشح التوافقيات الفعال:

١ – المقنن (rating) : ٥٠ ك . ف . أ.، ٧٠ أمبير/ الطور، تيار الذروة ١٢٠ أمبير، يتم تصحيح تيار كل طور على حدة.

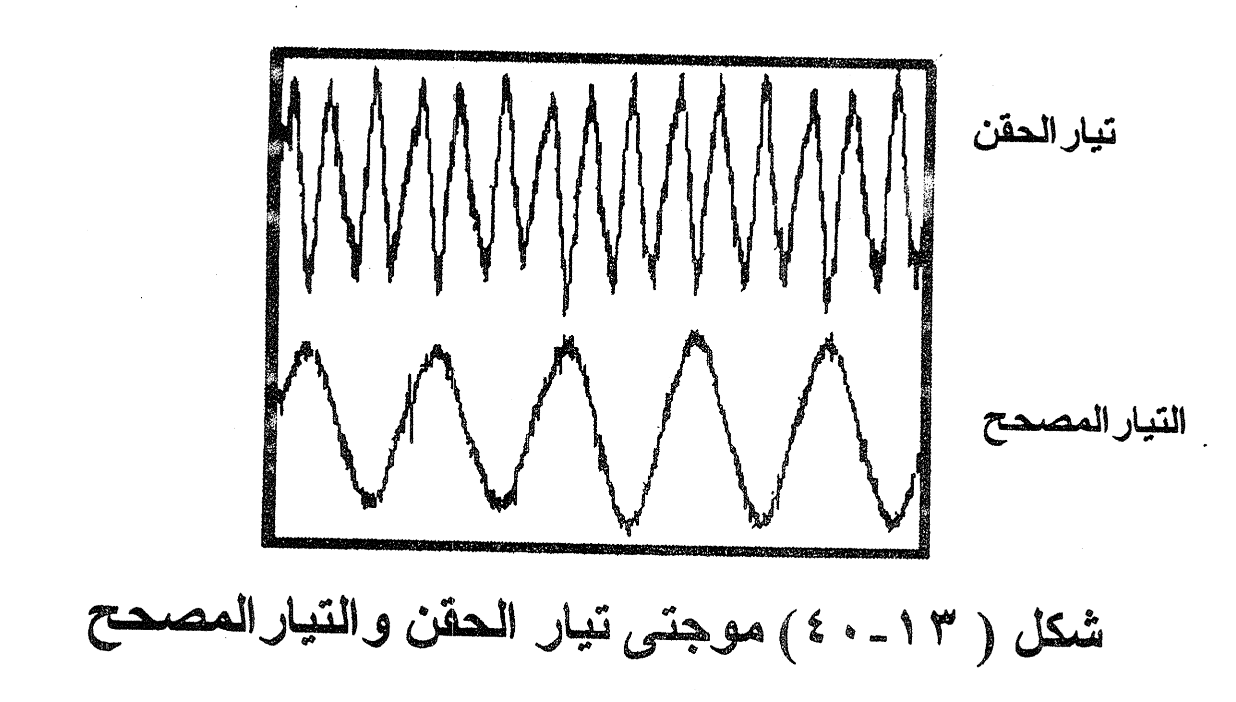
يمكن استخدام وحدات على التوازى للحصول على تصحيح أفضل.

٢ – جهد التشغيل (operating voltage) : ٤٥٠ فولت لحد أقصى بين طورين.

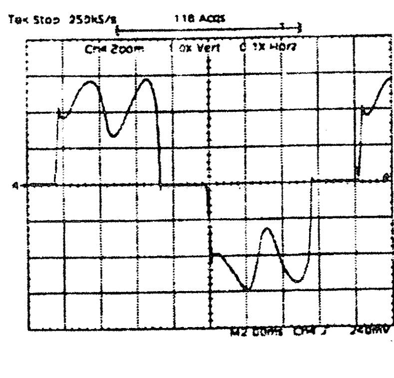
٣ – الكفاءة (efficiency) : ٩٦ ٪.

٤ – الفقد الحرارى عند القدرة الكاملة (heat to air output at full power) : ٢,٥ ك. وات.

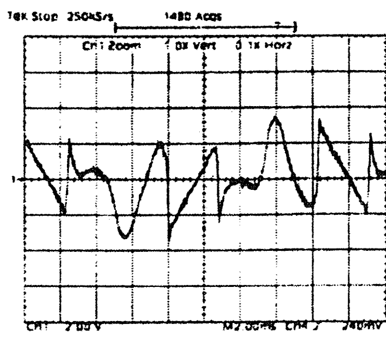
٥ – الاستجابة للتغيير فى تيار التوافقيات (response to a change in harmonic current) : أقل من ٨٠ ميكروثانية.



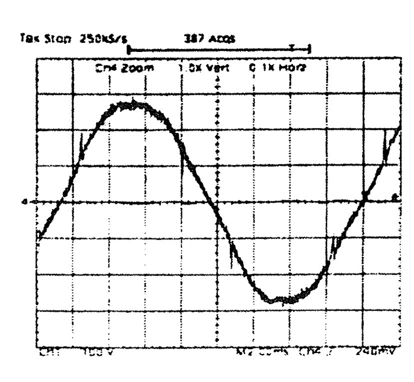
شكل (١٣ - ٤٠) موجتى تيار الحقن و التيار المصحح



تيار حمل



تيار الحقن



التيار المصحح

شكل (١٣-٤١) موجات التيار قبل وبعد الحقن بتيار توافقيات

٦ – عرض نطاق (١) القدرة الكاملة (Full power band width) : ٤٥٠ هرتز / التوافقيات التاسعة.

يحتوى المرشح على وقاية ضد زيادة التيار (overcurrent) وعلى مبينات للزيادة درجة الحرارة وزيادة التيار ووجود مصدر التغذية.

٧ – يستعوض التيارات المشوهة بالتوافقيات حتى التوافقية العشرين.

رابعاً : محولات التوافقيات:

صممت محولات التوافقيات لتغذية الأحمال غير الخطية، ومن الأنواع الشائعة:

أ - محولات حذف التوافقيات

(Harmonic Cancellation Transformers)

توجد محولات حذف للتوافقيات متعددة تعتمد على العامل k (يحسب هذا العامل من التوافقيات المنفصلة فى التيار) وكلما كان هذا العامل كبير كلما كانت توافقيات التيار فى الأحمال المتصلة على المحول مرتفعة القيمة.

ب - محولات علاج التوافقيات

(Harmonic Mitigating Transformers)

توجد أنواع متعددة من هذه المحولات والتى تعتمد على درجات التوافقيات التى يراد علاجها من أمثلة هذه المحولات:

أ – محولات تتخلص من التوافقيات ذات الدرجات :

---

(١) عرض النطاق : مدى الترددات المتوفرة لإرسال الإشارات. الفرق بين أعلى وأدنى الترددات فى النطاق)يقاس بعدد الوحدات فى الثانية أو وحدة هرتز).

١٥، ٩، ٣ من الجانب الثانوى للمحول

١٩ ، ١٧، ٧ ، ٥ من الجانب الابتدائى للمحول.

ب – محولات تتخلص من التوافقيات ذات الدرجات :

١٥ ، ١٣، ١١ ، ٩، ٧، ٥ ، ٣ من الجانب الثانوى للمحول.

وعادة توصل محولات الحذف ومحولات علاج التوافقيات بين الحمل ومحول التوزيع.

١ - محولات حذف التوافقيات

Harmonic Cancellation Transformers

تطورت تكنولوجيات صناعة المحولات أولاً بهدف تقليل المفقودات ثم بغرض حذف التوافقيات وأطلق على هذه المحولات بالمحولات ذات الخصائص الخاصة.

من خصائص محولات حذف التوافقيات أن:

* الملفات مصنعة بتكنولوجيا خاصة لتقليل المفقودات الشاردة (Stray Losses) الناتجة من تيارات التوافقيات.

* حجم موصل التعادل ضعف الحجم العادى لتقليل التيارات المارة فى مسار التعادل والناتجة من الأحمال غير الخطية.

* يستخدم حاجب كهروستاتيكى مزدوج (Dual Electrostatic Screen) لحجب واحتواء المكونات الكهربائية داخل المحول عن تأثيرات المجالات الكهربائية والمغناطيسية وعن الشوشرة والجهود المرتفعة. (يستخدم الحاجب بين الملفات الابتدائية والثانوية لكل لفة بالإضافة إلى تأريض الحاجب بنقطة

مشتركة).

* لايتعدى ارتفاع درجة الحرارة عند الجهد المقنن وعند العامل k المقنن ١٥٠م°.

* الملفات الثانوية والابتدائية مصممة من حيث الحجم والشكل بحيث تكون مفقودات التيارات الدوامية أقل مايمكن. كذلك يتحمل الملف الابتدائى تأثير التيارات الدائرية المارة داخل ملف الدلتا والناتجة عن التوافقيات الثلاثية وبدون سخونة زائدة للمحول.

* مستوى النبضات الأساسى لجميع الملفات يكون ١٠ ك. ف.

* التوصيلة الاتجاهية للمحول دلتا / نجمة.

* متوسط مستوى الضوضاء المسموحة فى الحدود القياسية العالمية (كما فى جدول ١٣ - ١٦).

* المحول مصمم لتغذية أحمال خطية بنسبة ١٠٠٪ بالإضافة إلى نسبة من الأحمال غير الخطية المحتوية على توافقيات فردية حتى الدرجة ٢٥.

توجد مقننات متعددة لمحولات حذف التوافقيات تبعاً لقيمة العامل k وهى : k-4, k-9, k-13, k-20, k-30, k-40, k-50 مع ملاحظة أن k-1 تطلق على المحول التقليدى.

يوضح جدول (١٣ - ١٧) أمثلة لنسب التحميل تبعاً للعامل k.

جدول (١٣ - ١٦)

متوسط الضوضاء لمحولات حذف التوافقيات

قدرة المحول (ك. ف. أ)	مستوى الضوضاء (ديسبل)
15 - 50	45
51 - 150	50
151 - 300	55
301 - 500	60
501 - 700	62
701 - 1000	64
1001 - 1500	65
1501 - 2000	66

جدول (١٣ - ١٧)

نسب تحميل محولات حذف التوافقيات تبعاً للعامل k

للعامل K	حمل خطى + حمل غير خطى*
k-4	100% + 50%
k-13	100% + 100%
k-20	100% + 125%
k-30	100% + 150%

* هذه النسبة مضروبة فى (1/h).

حيث h درجة التوافقية الفردية من ٣ إلى ٢٥.

١ - ١ أمثلة لأنواع الأحمال التي تتغذي من محولات حذف التوافقيات:

تبعاً للعامل k تحدد طبيعة الأحمال التى تغذى من المحول كما يلى:

العامل k	طبيعة الحمل
k-1	مقاومة تسخين – محركات – محولات تحكم
k-4	ماكينة اللحام – التسخين بالتأثير – الإضاءة بالفلورسنت – التحكم بالالكترونيات
k-13	أجهزة الاتصالات الالكترونية
k-20	مديرات السرعة المتغيرة – الحاسبات الآلية المركزية – أجهزة التحكم فى العمليات

١ - ٢ خصائص محول حذف التوافقيات (k-20):

مقنن المحول : حتى ٧٥٠ ك. ف. أ

المعاوقة : ٤٪

جهد المدخل : من ١٩٠ ڤولت إلى ٦٦٠ ڤولت

جهد المخرج : من ١٩٠ ڤولت إلى ٦٦٠ ڤولت

التوصيلة الاتجاهية : دلتا / نجمة مؤرضة

النوع : جاف

الملفات : نحاس

مقنن موصل التعادل: ٢٠٠ ٪

المفقودات : موضحة بجدول (١٣ – ١٨)

جدول (١٣ - ١٨)

مفقودات محولات k-20 لقدرات مختلفة

مقنن المحول (ك. ف. أ)	مفقودات الحديد والنحاس (وات)
15	1250
25	1400
50	2700
75	3100
100	3600
150	4400
250	7600
350	8800
500	12000

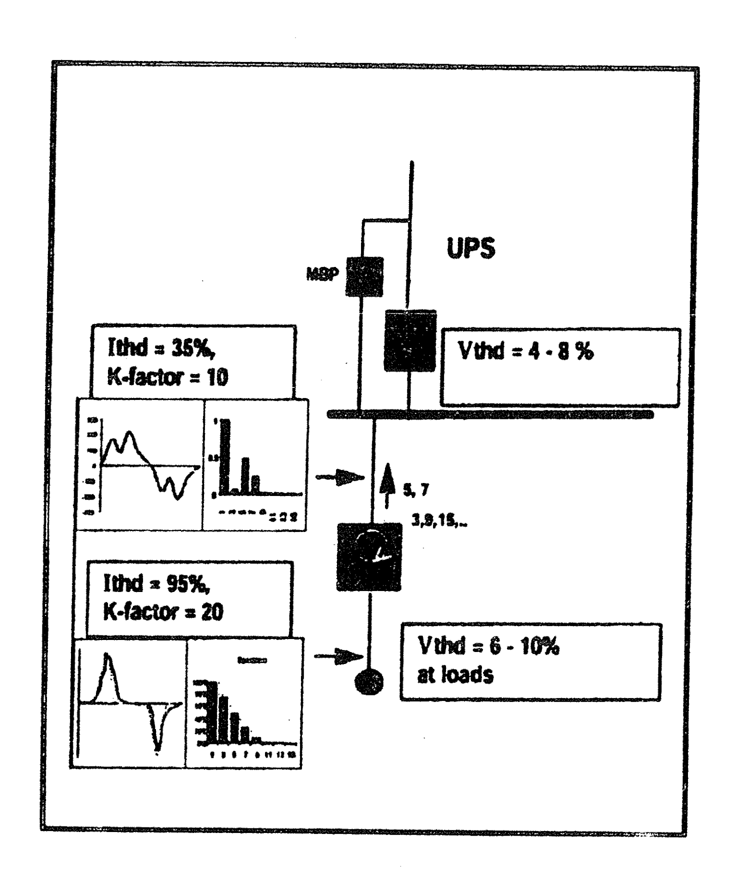
كيفية اختيار محول حذف التوافقيات:

بعد حساب أو قياس العامل k باستخدام تيارات التوافقيات المنفصلة للأحمال المراد تركيب محول حذف لها فإنه يتم اختيار المحول ذى العامل k أكبر من أو مساوياً للعامل k المحسوب وأن تكون قدرة محول الحذف مناسبة لقدرة الأحمال تحت الدراسة.

مثال:

يوضح شكل (١٣ – ٤٢) أحمال غير خطية أحادية الوجه من خصائصها:

* التوافقية الكلية للتيار : ٩٥٪



شكل (١٣-٤٢) مثال لقيم التوافقيات قبل وبعد تركيب محول حذف التوافقيات K- 20

* التوافقية الكلية للجهد : من ٦ – ١٠٪

* العامل k : ٢٠

باختيار محول حذف التوافقيات k-20 وتركيبه بالقرب من الأحمال فإن الخصائص تصبح:

* التوافقية الكلية للتيار : ٣٥٪

* التوافقية الكلية للجهد : من ٤ – ٨٪

* العامل k : ١٠

٢ - محولات رفض التوافقية الثالثة

3-rd Harmonic Rejection Transformers (HRT)

والذى يعرف أيضاً بصائد تيار التعادل Neutral current trap .

يتكون المحول ببساطة من قلب ثلاثى الطور، ملفوف على كل ساق ملفين من النحاس. متصلين بطريقة تقلل توافقيات التتابعية الصفرية (zero sequence harmonics)، وبذلك يتصيد تيارات التوافقية الثالثة المارة بمسار التعادل مؤدية إلى تخفيض التشوه الناتج من التوافقية الثالثة بموجة الجهد.

ويمتاز محول رفض التوافقية الثالثة بالآتى:

* سهل التركيب (يحتوى على ٤ أطراف فقط) .

* لايحتاج تقريباً إلى صيانة.

* يعتبر علاج سهل وبتكلفة مقبولة.

* يخفض التوافقية الكلية للتيار.

* يخفض تيار التعادل وبالتالى يخفض التحميل الزائد للمحول.

* يخفض تيارات الأطوار.

* يخفض المفقودات.

مواصفات محول رفض التوافقية الثالثة:

* مقنن التيار : حتى ٤٥٠ أمبير.

* جهد المدخل : ٤١٥ ڤولت.

* جهد المخرج : ٤١٥ ڤولت.

* التوصيلة : نجمة أربعة أطراف (توصيل داخلى).

* النوع : من النوع الجاف – لف ذاتى – تبريد هواء طبيعى.

* الملفات : نحاس.

* نظام العزل : ١٨٠م°.

* متوسط ارتفاع درجة الحرارة : ١٢٥م°.

لاختيار المحول المناسب يجب تحديد أقصى جذر متوسط مربعات (rms) تيارات التعادل.تم اختيار مقنن التيار الأكبر تبعاً لجدول رقم (١٣ – ١٩).

جدول (١٣ - ١٩)

مقنن التيار والمفقودات لمحولات رفض التوافقية الثالثة

الطراز	مقنن التيار (أمبير)	مفقودات النحاس والحديد (وات)
HRT - A 25	25	230
HRT - A 50	50	230
HRT - A 100	100	670
HRT - A 150	150	790
HRT - A 200	200	1000
HRT - 300	300	1400
HRT - 350	350	1700
HRT - 400	400	1850
HRT - 450	450	2000

دراسة حالة:

تم تركيب محول رفض التوافقية الثالثة (HRT) لمبنى بنك يتكون من خمسة أدوار. أحمال البنك عبارة عن نظم حاسبات آلية. يوضح جدول (١٣ – ٢٠) نتائج التيارات قبل وبعد التركيب.

جدول (١٣ - ٢٠)

نتائج دراسة حالة

الموضع	التيارات قبل تركيب محول HRT (أمبير)				التيارات بعد تركيب محول HRT (أمبير)			
	الطور R	الطور S	الطور T	التعادل N	الطور R	الطور S	الطور T	التعادل N
العمود الصاعد ١	8.8	23	5.7	23	6.1	21.5	9.4	18
العمود الصاعد ٢	18	17	5.9	20	7.7	10	10	13
العمود الصاعد ٣	22	35	51	46	29	32	40	11
موزع الوحدة ١	31	33	12	45	20	29	20	17
موزع الوحدة ٢	27	29	38	43	10	22	30	24
موزع الوحدة ٣	17	14	17	16	14	15	18	9.5
موزع الوحدة ٤	19	1	1	19	14	7.5	7	8.5
الوحدة الرئيسية UPS	257	185	120	213	216	172	144	63

ويلاحظ الآتى من النتائج:

* فى جميع الحالات انخفض تيار التوافقية الثالثة بمسار التعادل حتى فى حالات عدم اتزان تيارات الأطوار الثلاثة.

* انخفضت التوافقية الكلية للجهد من ٩٪ إلى أقل من ٣٪.

* انخفض تيار مسار التعادل بوحدة UPS من ٢١٣ أمبير إلى ٦٣ أمبير.

وكانت النتيجة أن المبنى أصبح أكثر تهوية وبرودة وتحسين معامل القدرة.

٣ - محولات علاج التوافقيات (Harmonic Mitigating Transformers):

من خصائص هذه المحولات:

- معاوقة المركبة الصفرية (zero sequence impedance) منخفضة جداً، وذلك لمعالجة التوافقيات الثلاثية (triplen harmonics) وهى الدرجات ٣، ٩، ١٥، ...

- للمحول زاوية إزاحة (phase shift) ٣٠° و / أو ١٥° لمعالجة التوافقيات درجات ٥ ،٧ والدرجات ١١ ، ١٣ على التوالى.

يوضح جدول (١٣ - ٢١) خصائص بعض أنواع محولات علاج التوافقيات.

ويوضح جدول (١٣ - ٢٢) أمثلة تطبيقية لبعض أنواع محولات علاج التوافقيات.

دراسة حالة:

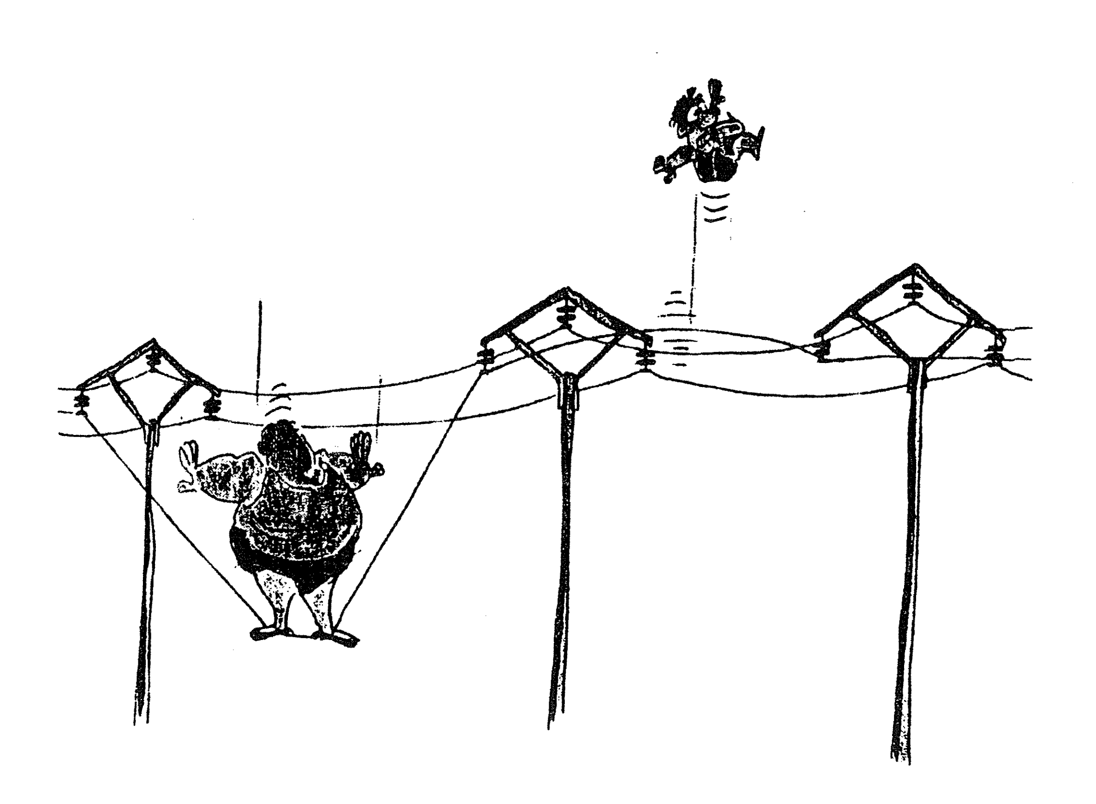
يوضح شكل (١٣ - ٤٣) وحدة UPS تغذى أحمال من خلال خلايا توزيع تم تركيب محول علاج التوافقيات طراز Harmony 2.

يبين جدول (١٣ - ٢٣) قيم المتغيرات الكهربائية عند مخرج UPS وعند المدخل خلال التوزيع بعد تركيب محول علاج التوافقيات.

ويتضح من النتائج عند مخرج UPS أن:

- تحسين معامل القدرة من ٠,٨٦ إلى ٠,٩٧
- انخفاض العامل k من ١٣,٨ إلى ٢,٩
- انخفاض توافقيات التيار والجهد

ويلاحظ أن الأحمال تحتوى على نسبة عالية من تشوه التيار والتى بلغت ١١٩٪ .

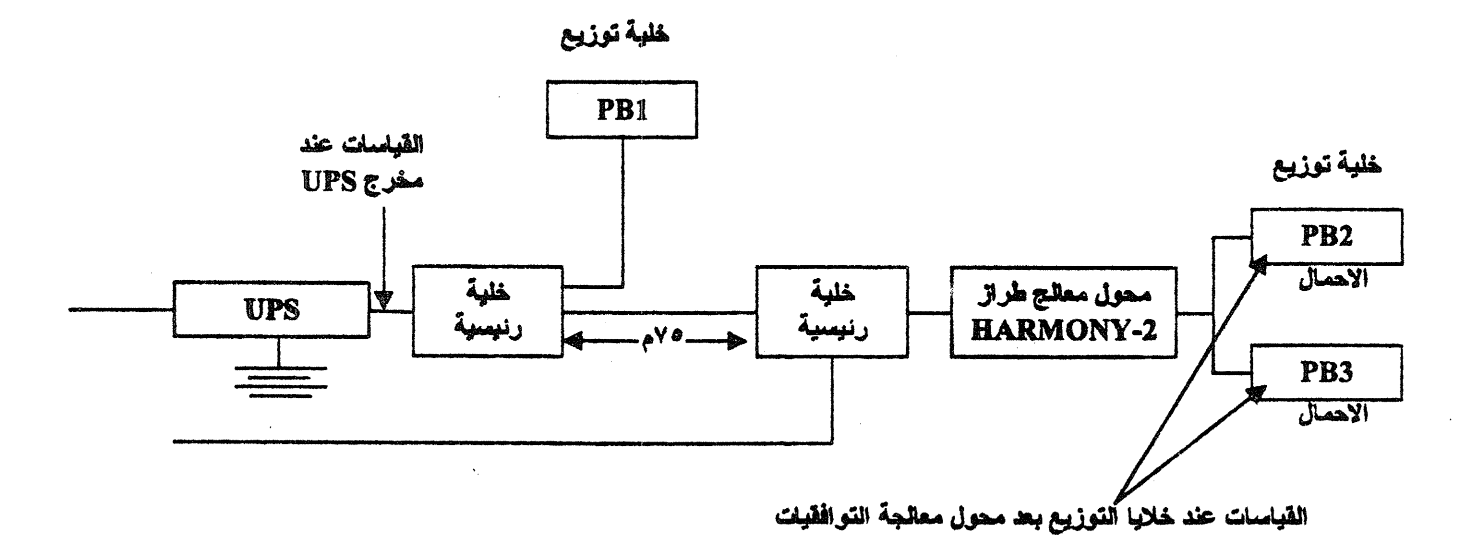


جدول (١٣ - ٢١) أمثلة لمحولات علاج التوافقيات

النوع	التوافقيات المعالجة	الوصف
Harmony - 1	* التوافقيات ٣، ٩، ١٥ بالجانب الثانوى * التوافقيات ٥ ، ٧ ، ١٧ ، ١٩ بالمصدر	- يتكون من ثلاثة محولات معالجة أحادية الطور. للمحول معاوقة المركبة الصفرية صغيرة جداً لتقليل مركبات توافقيات الجهد ٣ ، ٩ ، ١٥ - عدد أربعة أطراف مخرج - يستخدم للأحمال غير الخطية - زاوية الازاحة (phase shift) للمحول تساوى صفر - لمحول Δ / Y بزاوية إزاحة ٣٠° فإن استخدام محول علاج توافقيات ذى زاوية ازاحة صفر تخفض توافقيات الجهد درجات : ٥ ، ٧ ، ١٧ ، ١٩
Harmony - 2	* التوافقيات ٣ ، ٥ ، ٧ ، ٩ ، ١٥ ، ١٧ ، ١٩ بالجانب الثانوى * التوافقيات ١١ ، ١٣	- يتكون من محولين ثلاثة أطوار، عدد أربعة أطراف مخرج، زاوية الازاحة تساوى ٣٠° لكل مخرج معاوقة المركبة الصفرية صغيرة جداً لتقليل مركبات توافقيات الجهد درجات : ٣ ، ٥ ، ٧ ، ٩ - متاح فى صورة نموذجين للتخلص من توافقيات التيار درجات ١١ ، ١٣ بمصدر التغذية
Harmony - 3	* التوافقيات ٣ ، ٥ ، ٧ ، ٩ ، ١١ ، ١٣ ، ١٥ بالجانب الثانوى	- يتكون من محول ذى ثلاثة أطراف مخرج بزاوية ازاحة تساروى ٢٠° ، للمخرج معاوقة المركبة الصفرية صغيرة جداً - يخفض التشوه فى التيار والجهد الناتج من توافقيات التيار درجات ٣ ، ٥ ، ٧ ، ٩ ، ١١ ، ١٣ ، ١٥
Harmony - 4	* التوافقيات ٣ ، ٥، ٧، ٩ ، ١١ ، ١٣ ، ١٥ ، ١٧ ، ١٩ بالجانب الثانوى	- يتكون من محول ذى أربعة أطراف مخرج بزاوية ازاحة تساوى ١٥° - يخفض التشوه فى التيار والجهد الناتج من جميع درجات التوافقيات الفردية حتى الدرجة ٢٣ - للمخرج معاوقة المركبة الصفرية صغيرة جداً

امثلة تطبيقية	الدور الأول، الدور الثاني	الدور الأول، الدور الثاني، الدور الثالث، الدور الرابع	الدور الأول، الدور الثاني، الدور الثالث
توافقيه الجهد الكليه	V_{THD}= 2.5%-5%	V_{THD}= 1.5%-3.5%	V_{THD}= 1.0 %-3.5%
توافقيه التيار الكليه	I_{THD}= 10 % -25%	I_{THD}= 7 %-15%	I_{THD}= 5 %-12%
نقطه التعادل	عدد 2 نقطه تعادل	عدد 2 نقطه تعادل	عدد 2 نقطه تعادل
معامل القدره	أعلى من 90%	أعلى من 95%	أعلى من 95%

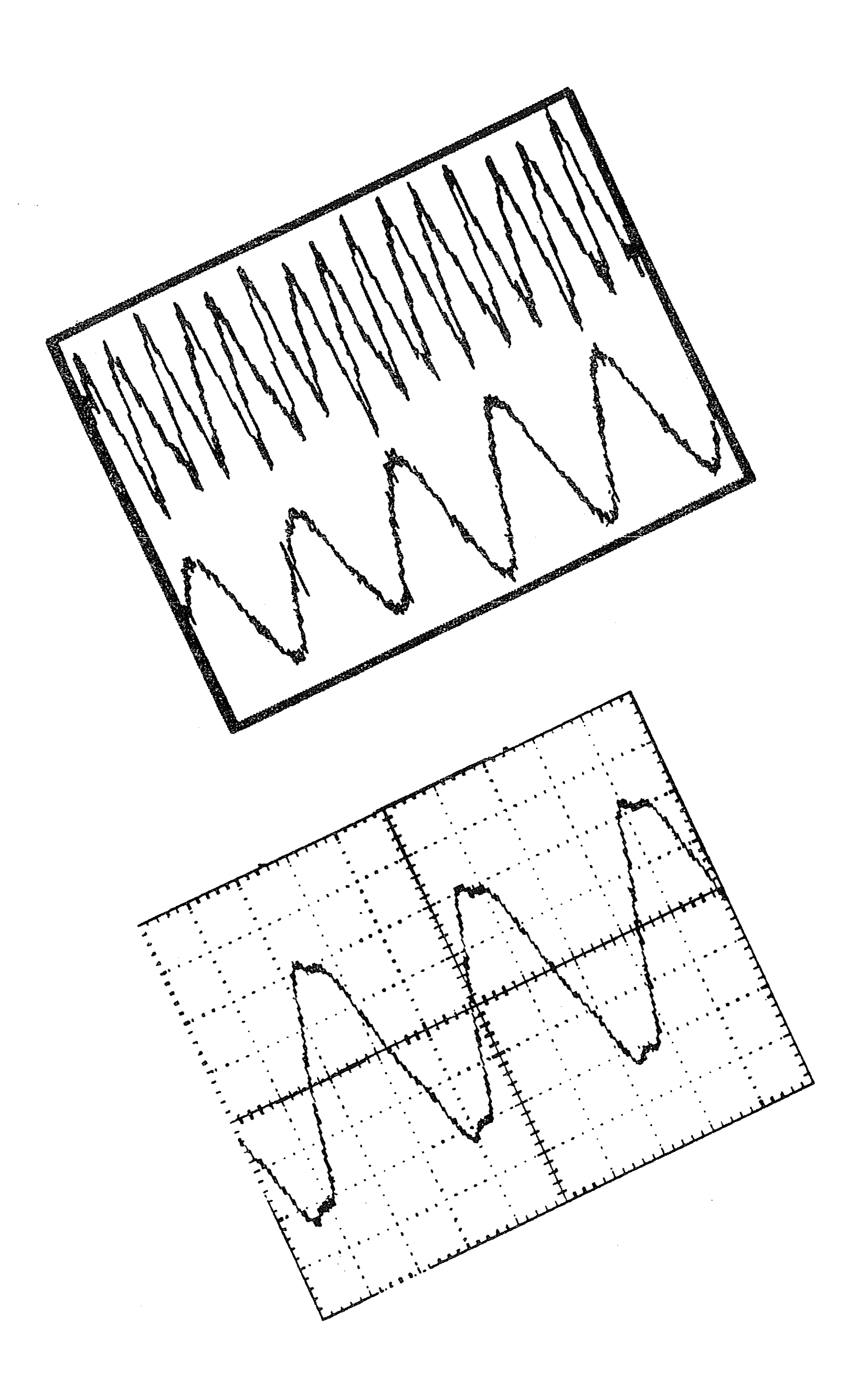
جدول (١٣-٢٢) أمثله تطبيقيه لمحولات علاج التوافقيات



شكل (١٣-٤٣) دراسة حالة

جدول (١٣ - ٢٣) دراسة حالة

موضع القياس		جهد الطور A		جهد الطور B		جهد الطور C		تيار الطور A		تيار الطور B		تيار الطور C		العامل K	معامل القدرة
		فولت	THDV%	فولت	THDV%	فولت	THDV%	أمبير	THDI%	أمبير	THDI%	أمبير	THDI%		
عند مخرج UPS	- قبل تركيب المعالج	227	6.3	225	7.2	224	6.6	88	65	88	6	69	57	13.8	0.86
	- بعد تركيب المعالج	224	2.8	226	2.6	225	2.9	75	\15	64	16	80	16	2.9	0.97
عند خلايا التوزيع بعد تركيب المعالج	- خلية التوزيع PB_2	228	2.9	225	2.8	228	2.8	43	92	44	69	34	74	16.7	0.72
	- خلية التوزيع PB_3	226	3.1	227	2.8	229	3.1	39	100	27	115	31	119	21.6	0.64



الباب الرابع عشر

علاج انحدارات الجهد

Mitigation of voltage sags

توجد طرق كثيرة لعلاج انحدارات الجهد منها:

١ - تقليل عدد الأعطال (Reducing the number of faults)

يشير هذا العلاج إلى أن المشكلة عند مصدر التغذية. إن أمكن ذلك فإنه لن يؤدى فقط إلى تخفيض عدد انحدارات الجهد ولكن أيضاً تخفيض عدد الانقطاعات. ولايعتبر هذا حلاً سهلاً، وخاصة أن تكلفته مرتفعة. ويجب أن يكون معلوماً أن انحدارات الجهد الحادثة عند مواضع معينة يمكن أن ترجع لحدوث أعطال على بعد مئات من الكيلومترات.

٢ - تحسين الشبكة الكهربائية (Improvements in the power system)

لن يؤدى تحسين الشبكة الكهربائية إلى تخفيض عدد انحدارات الجهد ولكنه سيجعلها أقل شدة. ويفضل التوصية بعدم تغذية الأحمال الحساسة من خطوط هوائية طويلة. ويمكن أن يتم التحسين أيضاً من خلال تعزيز التغذية بتغذية احتياطية على التوازى وإضافة مولدات احتياطية بالمواقع الاستراتيجية. للتغلب على انحدارات الجهد الناتجة عن أعطال أحادية الطور مع الأرضى، يوصى باستخدام معاوقة(impedance) تأريض عالية للمحولات الموصلة ΔY ويطبق هذا بشبكات النقل والتوزيع بأوروبا بالإضافة إلى كثير من الشبكات الصناعية.

٣ - إنشاء معدات إضافية بين الشبكة والحمل

(Install additional equipment at the system - load)

هذه الطريقة من أكثر طرق العلاج شيوعاً، مثلاً تركيب وحدة UPS أو وحدة مولد محرك (motor - generator) ، أو محول رنين حديدى (ferroresonant transformer) أو مقاوم جهد ديناميكى (dynamic voltage restorer DVR) أو مفتاح تحويل استاتيكى (static - transfer switch) .

٤ - تحسين معدات المستهلك النهائي (Improving end - use equipment)

هذا الحل جيد ولكن المستهلك النهائى يفضل إضافة معدات أو أجهزة للعلاج كالمذكورة فى بند ٣ .

يوضح شكل (١٤ - ١) المصادر المختلفة لانحدارات الجهد بدلالة قيمة وفترة استمرار الانحدار .

والمقسمة كالآتى:

- الأحداث قصيرة المدى لحوالى ١٠٠ مللى ثانية ، ترجع أساساً إلى أعطال بشبكة النقل. من الصعوبة علاج ذلك من جانب الشبكة ولكن العلاج من جانب الحمل ممكن لأغلب الحالات.
- بالنسبة للأحداث الراجعة إلى تشغيل المحركات والمحولات والأعطال البعيدة بشبكة التوزيع، فإن علاج كل حدث منفصل ليس صعباً ولكن توجد طرق للعلاج مجمعة .عموماً فإنه يمكن القول بأن:

أ - الانحدارات حتى ٧٥٪ ولفترة ١٠٠ مللى ثانية يجب أن تعالج بتحسين المعدات والأجهزة.

ب – الانحدارات من ٦٠٪ ولفترة ٥٠٠ مللى ثانية وحتى الأكثر شدة يجب أن تعالج بتحسين الشبكة.

أ - مفتاح تحويل استاتيكي STS (Static - transfer switch)

يوضح شكل (١٤ – ٢) أحد العلاجات الحديثة المستخدمة للجهود المتوسطة. فعندما يحدث انحدار للجهد أو انقطاع بالمصدر، فإن الحمل ينقل إلى مصدر تغذية احتياطى. باستخدام ثريزتورات (thyristors) نحصل على زمن تحويل أقل من دورة واحدة (محددة عن طريق الصانع بـ ٤ مللى ثانية) بينما تأخذ المفاتيح المفرغة (vacuum switch) زمن حوالى من دورة إلى دورتين حتى يتم التحويل.

لا تعالج مفاتيح التحويل الانحدارات الناشئة عن نظم النقل. يمكن تجهيز المفاتيح ذات فترة دورتين بمعدة تخزين الطاقة لمدة ١٠٠ مللى ثانية بغرض علاج الانحدارات الناتجة عن نظم النقل. باستخدام مفتاح قابل للبرمجة (Programmable switch) للكشف عن الانقطاعات اللحظية والانحدارات فى الجهد فإنه يحول التغذية من المصدر الأساسى إلى المصدر الاحتياطى فى زمن حوالى ٤ مللى ثانية، يوضح شكل (١٤ – ٣) تسجيل موجه الجهد للمصدر الأساسى والمصدر الاحتياطى وعند المستهلك.

ب - مستعيد جهد ديناميكي (Dynamic voltage Restorer DVR)

يستخدم لعلاج انحدارات الجهد للأحمال الكبيرة. بالإضافة إلى علاج الانتفاخات.

يوضح شكل (١٤ – ٤) الفكرة الأساسية للمستعيد الديناميكى. حيث يتم علاج انحدار الجهد عن طريق حقن مساوى للفرق بين الجهد المطلوب والجهد

شكل (١٤-١) المصادر المختلفة لانحدارات الجهد

القيمة %

0 50 80 100

مصهرات Fuses

اعطال نظم النقل

0.1

اعطال بشبكات التوزيع الاخرى

اعطال بشبكات التوزيع الاخرى

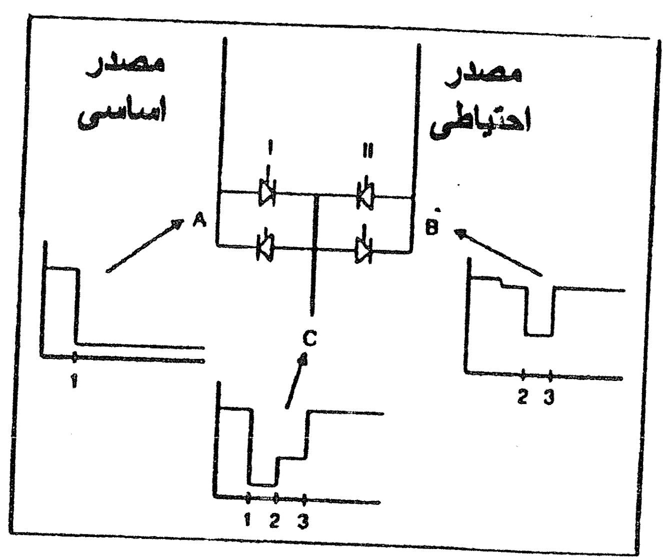
1

محركات +محولات

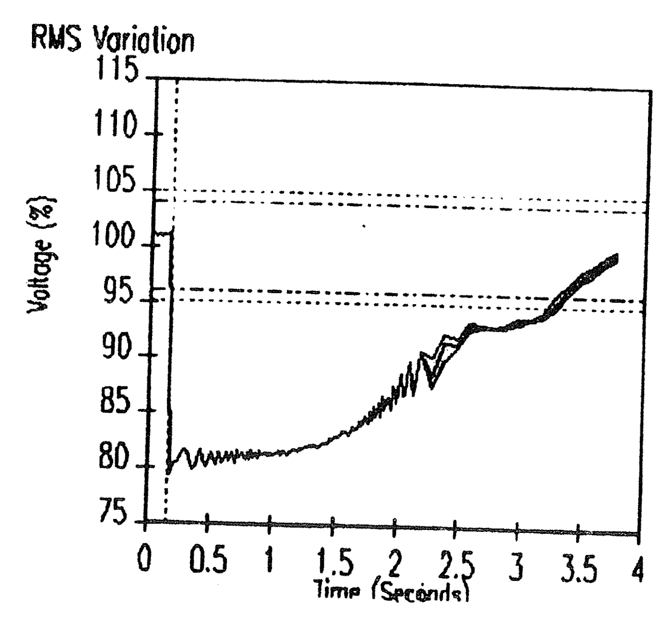
انقطاعات

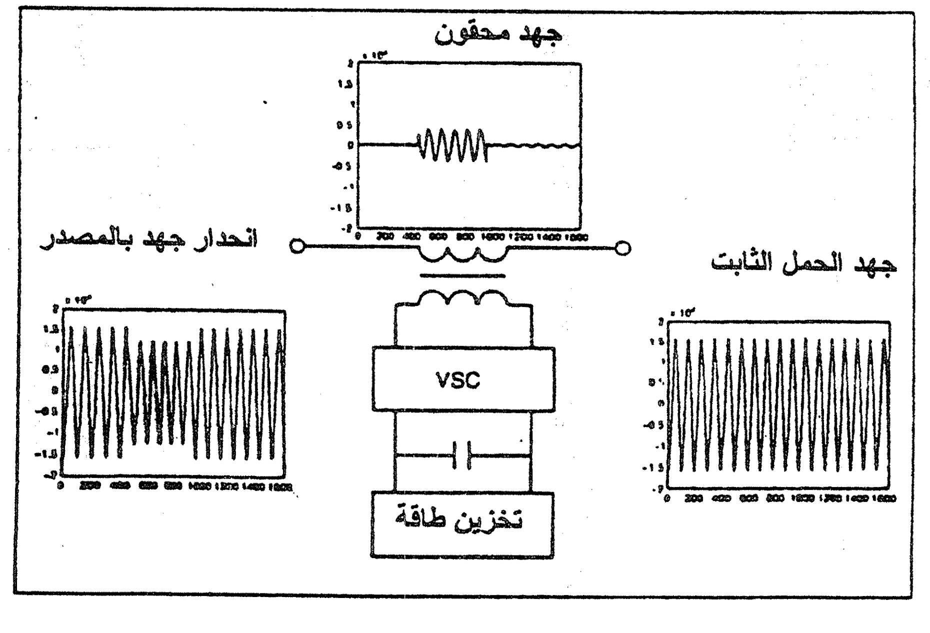
الفتره (ثانية)

شكل (١٤-١)

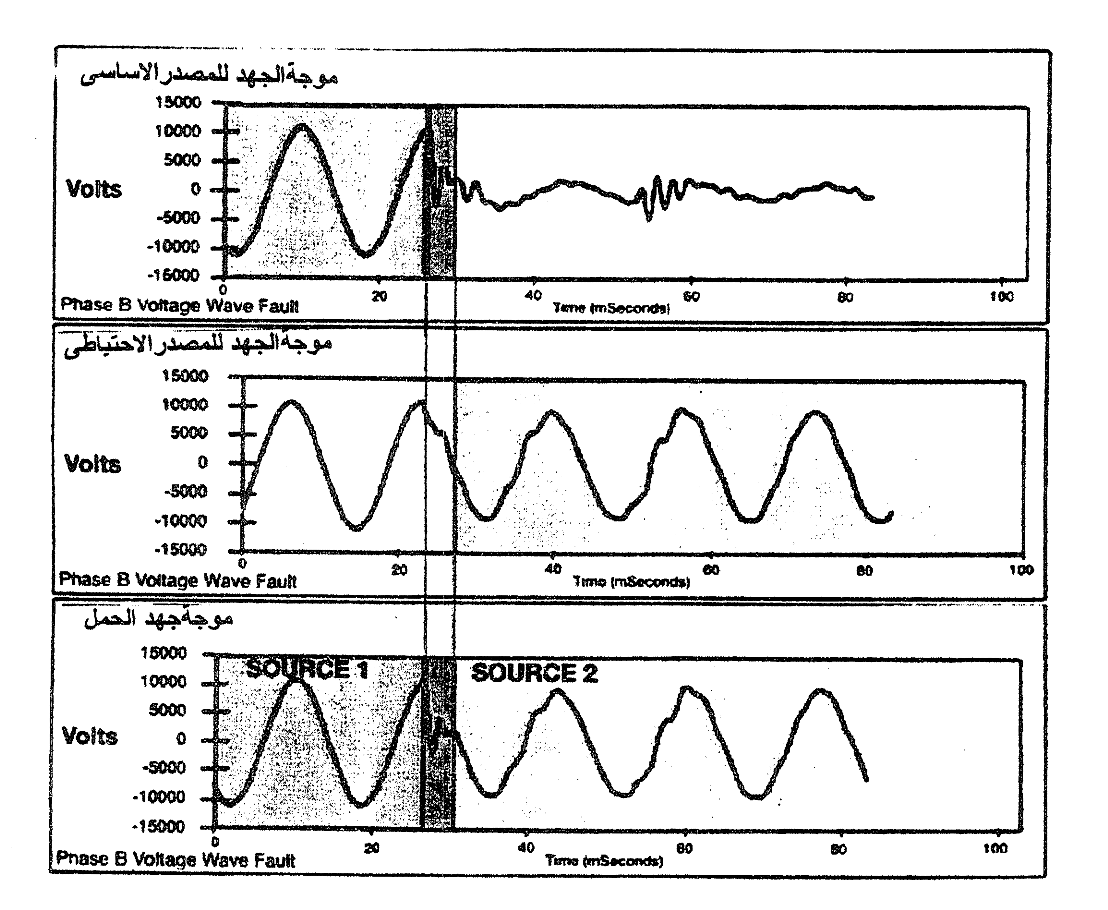


شكل (١٤-٢) مفتاح تحويل استاتيكى





شكل (١٤-٣) المنظم الديناميكى



شكل (٤-١٤) موجات الجهد للمصدر الاحتياطى والمصدر الاساسى وحمل المشترك عند التعرض لانحدار الجهد

الحقيقى. ويتكون المنظم من مبدل قدره الكترونى (power - electronic converter)، ومصدر تغذية طاقة عالى (high power source of energy) ونظام تحكم سريع (fast control system). حالياً يستخدم مكثفات وملفات ذات موصولية عالية (superconducting) للحصول على مصدر الطاقة. حيث يحتاج إلى طاقة كبيرة مخزونة للتغلب على الانحدارات الشديدة والمستمرة لفترة طويلة.

كما يوضح شكل (١٤ – ٥) تمثيل حالة عطل مصحوباً بانحدار جهد وعلاج ذلك من خلال مستعيد الجهد الديناميكى.

جـ - نظام الحماية الالكتروني لعلاج الانحدار

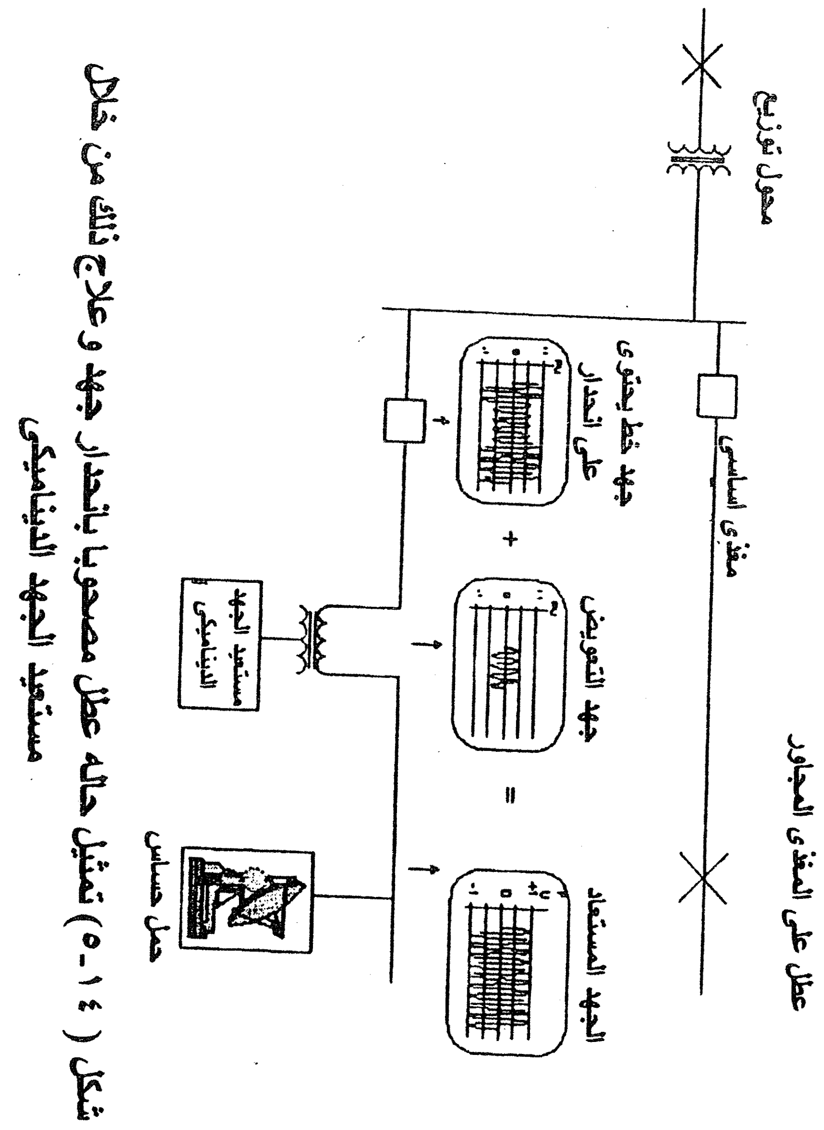
(Electronic Sag Protector)

يعالج هذا الجهاز أغلب انحدارات الجهد، حيث يعالج الجهد المفقود (missing voltage) عن طريق طاقة خط مصدر التغذية. للانحدارات الشديدة، أقل من ٥٠٪ من الجهد المقنن، يستخدم مخزن للطاقة السعوية (capacitive energy storage).

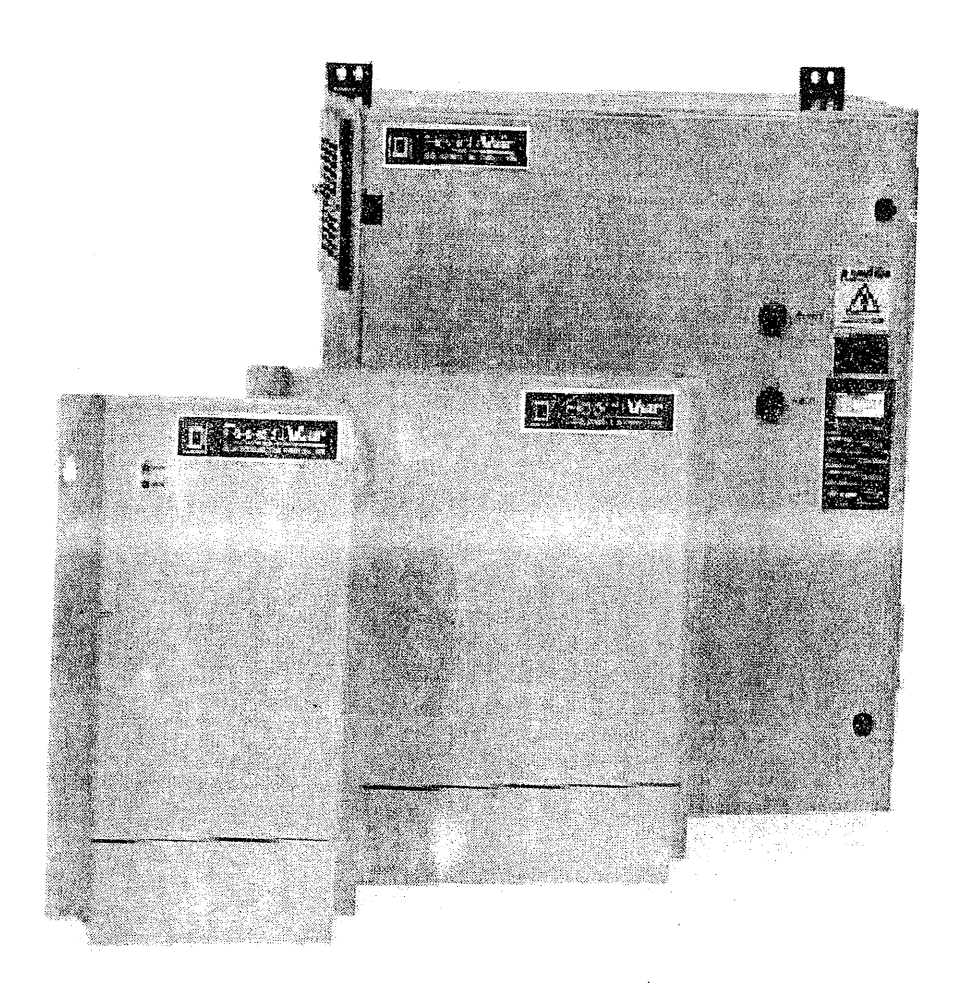
يوضح شكل (١٤ – ٦) نماذج مختلفة للحماية الالكترونية ضد انحدارات الجهد.

توجد أنواع متعددة تصنف تبعاً لجهد المدخل، جهد المخرج، القدرة، زمن الاستجابة ومجال التطبيقات.

يوضح جدول (١٤ – ١) مواصفات وتطبيق بعض أنواع أنظمة الحماية الالكترونية لعلاج الانحدارات.



شكل (٥-١٤) تمثيل حاله عطل مصحوبا بانحدار جهد و علاج ذلك من خلال مستعيد الجهد الديناميكى

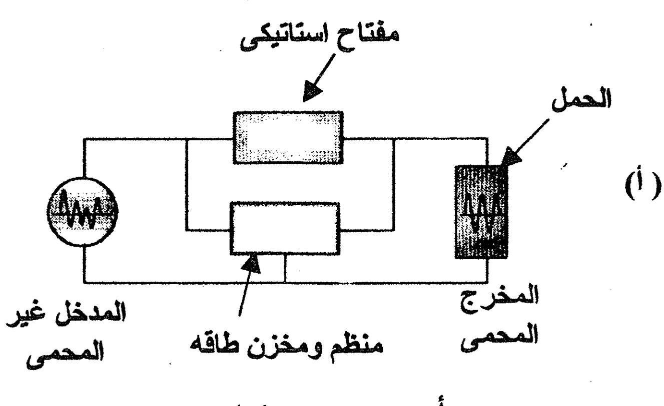


شكل (١٤-٦) نماذج مختلفة للحماية الالكترونية ضد أنحدارات الجهد

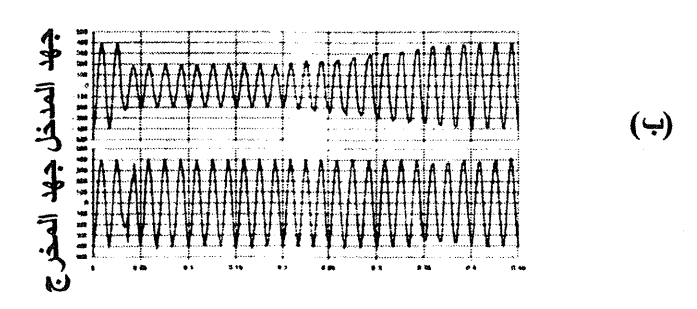
يوضح شكل (١٤ – ٧) تمثيل للطراز (١) أو الطراز (٢).

ويوضح شكل (١٤ – ٨) تمثيل للطراز (٣).

بينما يبين شكل (١٤ – ٩) أماكن تركيب الطرازات (١) ، (٢)، (٣) بشبكة توزيع للحماية ضد انحدارات الجهد.



أ- تمثيل للطراز (أ) أو الطراز (٢)

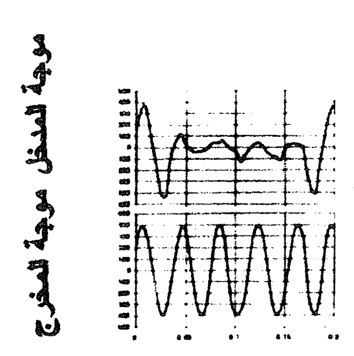


ب- مدخل ومخرج الجهد ،لانحدار جهد ٥٠% لمده ١٢ دوره

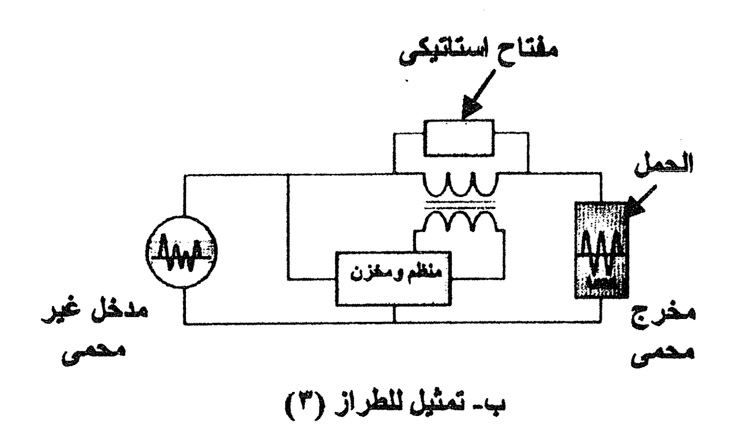
شكل (١٤-٧)

جدول (١٤ - ١) المواصفات الفنية والتطبيقات لبعض أنواع نظم الحماية الالكترونية لعلاج الانحدار

المواصفات	الطراز (١) (أحادي الطور)	الطراز (٢) (ثلاثي الطور)	الطراز (٣) (ثلاثي الطور)
جهد المدخل المقنن	١٢٠ ، ٢٤٠ ، ٢٧٧ فولت	٢٠٨ ، ٢٤٠ ، ٤٨٠ فولت	٤٨٠ فولت ، (± ٨٪)
انحدار جهد المدخل	* (-١٣٪) إلى (-٥٠٪) لزمن حتى ٢ ثانية * (-٥٠٪) إلى (-١٠٠) لزمن ١ - ٣ دورات	* (-١٣٪) إلى (-٥٠٪) للانحدارات المتماثلة والانحدارات الناتجة عن عطل طور والأرض أو عطل طورين لزمن حتى ٢ ثانية * (-٥٠٪) إلى (-١٠٠) لزمن ١ - ٣ دورات	* (-١٣٪) إلى (-٥٠٪) للانحدارات المتماثلة والانحدارات الناتجة عن عطل طور والأرض أو عطل طورين لزمن حتى ٢ ثانية * (-٣٥٪) إلى (-٨٠٪) للانحدارات الناتجة عن عطل طور والأرض أو عطل بين طورين حتى ٢ ثانية * (-٥٠٪) إلى (-١٠٠٪) لزمن ١ - ٣دورة
جهد المخرج	انحدار من (+٥٪) إلى (-١٠٪) من الجهد المقنن	انحدار من (٥٪) إلى (١٠٪) من الجهد المقنن	(+٥٪) إلى (-١٠٪)
زمن الاستجابة	$\frac{١}{٤}$ دورة	$\frac{١}{٤}$ دورة	$\frac{١}{٤}$ دورة
القدرة المقننة	* من ١,٥ إلى ٤٣ ك. ف. أ ، ١٢٠ فولت * من ٦ إلى ٨٦ ك. ف. أ ، ٢٤٠ فولت * من ٧ إلى ١٠٠ ك. ف. أ ، ٢٧٧ فولت	* من ٩ إلى ١٣٠ ك. ف. أ ، ٢٠٨ فولت * من ١٠ إلى ١٥٠ ك. ف. أ ، ٢٤٠ فولت * من ٢١ إلى ٣٠٠ ك. ف. أ ، ٤٨٠ فولت	من ٥٠٠ ك. ف. أ. إلى ٢٠٠٠ ك. ف. أ عند ٤٨٠ فولت
التطبيقات	* فى المنشآت الصناعية والتجارية لتعويض انحدار الجهد * الأجهزة الحساسة * خلايا التوزيع لنظم الإضاءة * خلايا التوزيع الخاصة بالحاسبات الشخصية * خلايات التوزيع للمكاتب والمحلات والأنشطة الصغيرة والمنازل * المعدات المكتبية الحساسة	* مديرات السرعة المتغيرة * التحكمات * فى المنشآت الصناعية والتجارية لتعويض انحدار الجهد * الأجهزة الحساسة * خلايا التوزيع لنظم الإضاءة * خلايا التوزيع الخاصة بالحاسبات الشخصية	* معدات تصنيع أشباه الموصلات * صناعات البلاستيك * صناعة السيارات * صناعة الغزل والنسيج * العمليات الكيميائية * مصانع الورق والصلب * تكرير البترول

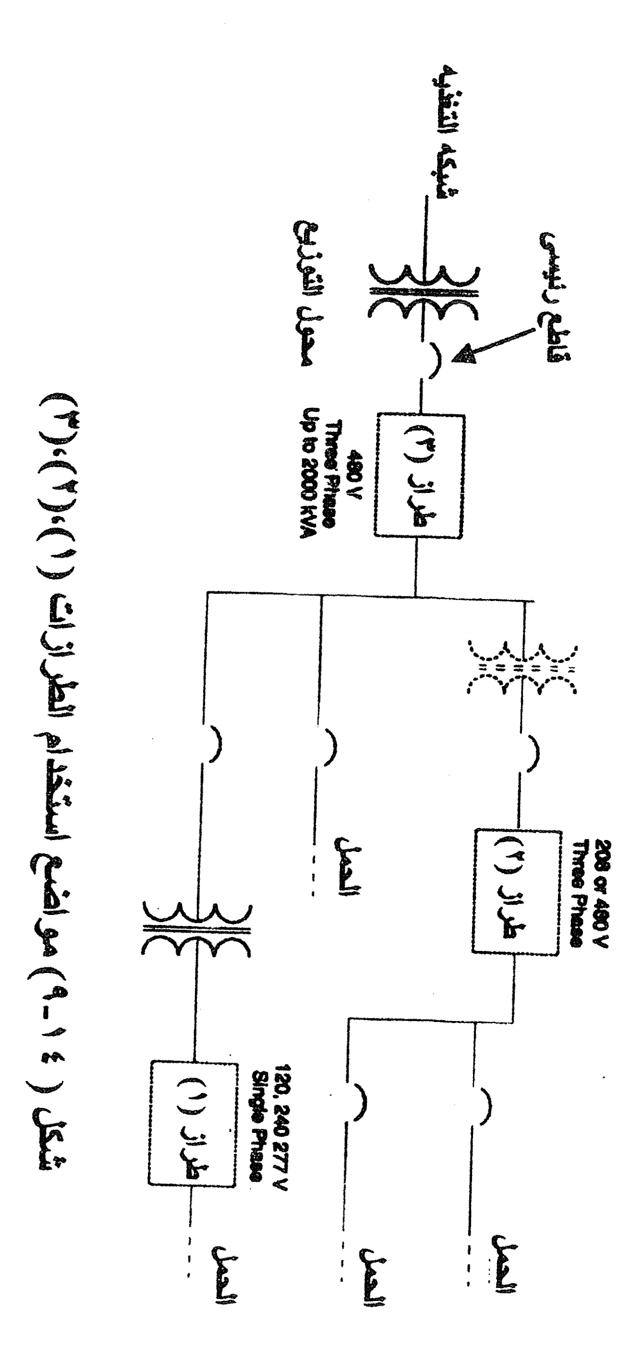


أ-موجتى جهد المدخل والمخرج لانحدار ٣ دورات



ب- تمثيل للطراز (٣)

شكل(١٤-٨)



شكل (٩-١٤) مواضع استخدام الطرازات (١)،(٢)،(٣)

المواصفات القياسية لانحدارات الجهد:

منحنى (Computer Business Manufacturers Association) (CBEMA) المجهز بمعرفة اتحاد مصنعى الحاسبات التجارية والذى يستخدم أساساً لمعدات معالجة البيانات. يوضح شكل (١٤ - ١٠) أن الأحمال الحساسة تعتمد بالكامل على فترة انحدار الجهد. يكون حدود الانحدارات المسموحة من صفر جهد لمدة $\frac{١}{٢}$ دورة حتى فقط ٨٧٪ جهد لمدة ٣٠ دورة.

بينما يقترح حدود CBEMA القيم القياسية لحساسية انحدارات الجهد، لمعدات المصنع الفعلية خصائص تشغيل مختلفة خلال انحدارات الجهد. فيما يلى بعض الأمثلة:

١ - كونتاكتورات المحرك وأجهزة الحماية الكهروميكانيكية

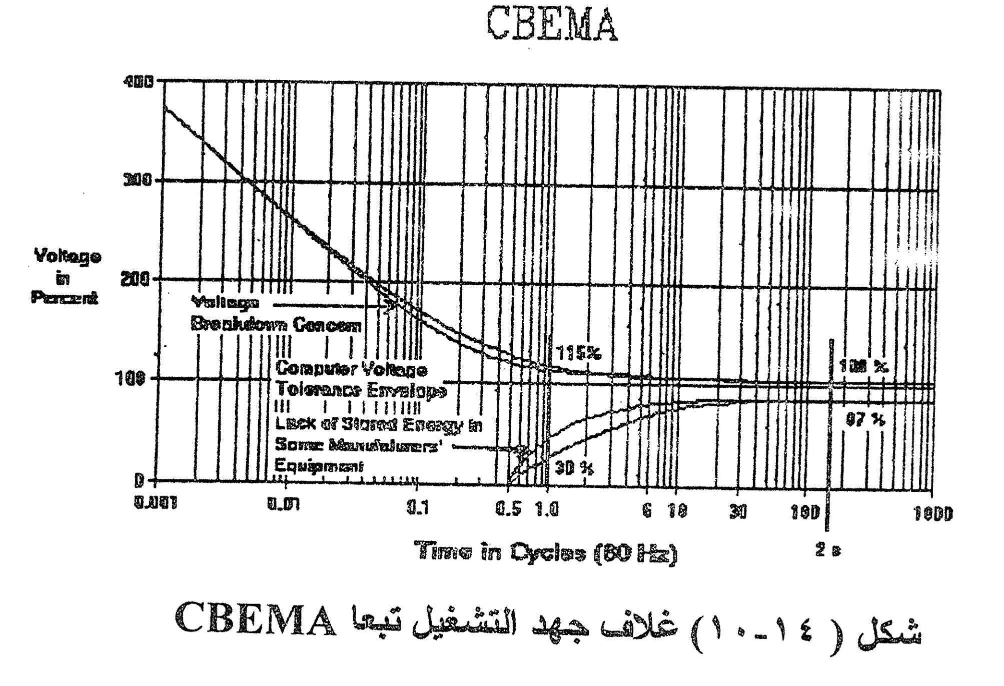
(Motor contactors and electromechanical relays)

أحد الصناع جهز بيانات والتى تشير إلى كونتاكتورات المحركات تفصل عندما يصل الجهد إلى ٥٠٪ فى حالة استمرار الحالة لأكثر من دورة واحدة. ومن المتوقع أن تكون هذه البيانات مختلفة من صانع إلى آخر. بعض الكونتاكتورات تفصل عند ٧٠٪ من الجهد المقنن وربما أكبر.

٢ - لمبات التفريغ عالية الشدة

(High - Intensity Discharge (HID) Lamps)

تطفئ اللمبات الزئبق عند حوالى ٨٠٪ من الجهد المقنن وعند الزمن المطلوب لإعادة الاختراق (restrike) . يكون جهد الانحدار المسبب إطفاء الإضاءة غالباً خطأ ومثل الانقطاعات الأطول عن طريق الأشخاص.



شكل (١٤-١٠) غلاف جهد التشغيل تبعا CBEMA

٣ - مديرات سرعة المحرك القابلة للضبط

(Adjustable speed motor drivers (ASDs)

بعض مديرات السرعة مصممة بحيث تمرر انحدارات الجهد. زمن تمرير انحدارات الجهد يمكن أن يكون من ٠,٠٥ ثانية إلى ٠,٥ ثانية، اعتماداً على المصنع والنموذج . بعض النماذج لأحد المصانع سجل حدوث انحدار فى الجهد ٩٠٪ من الجهد المقنن بزمن ٥٠ مللى ثانية.

٤ - التحكمات المنطقية المبرمجة

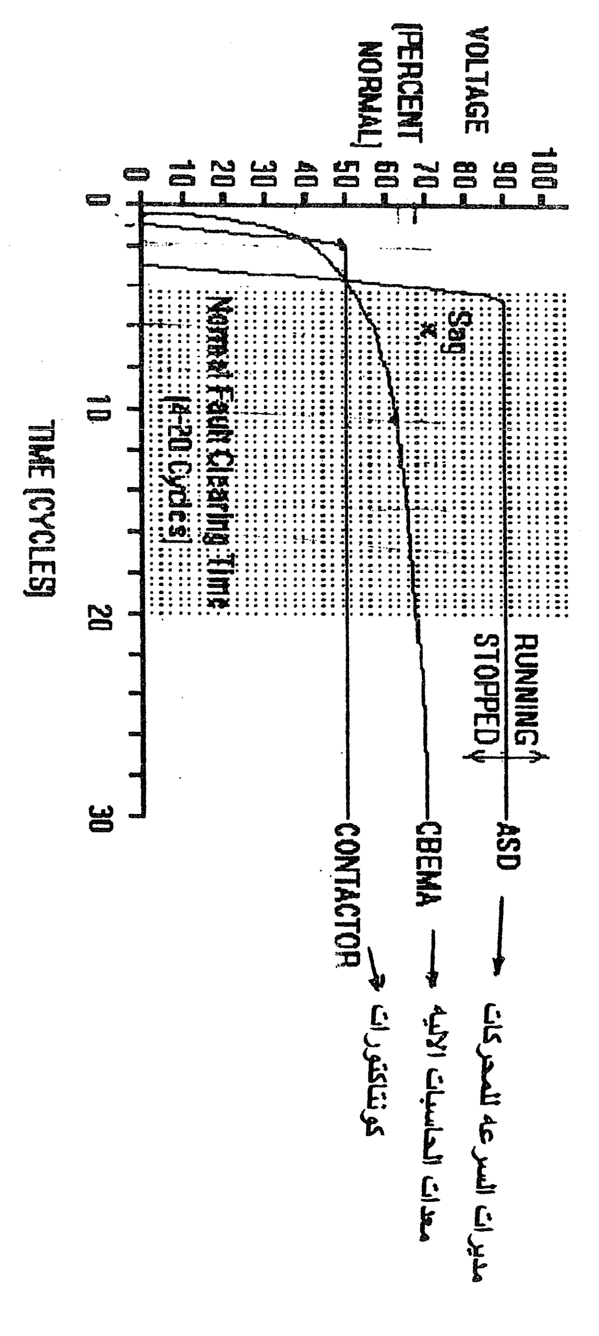
(Programmable Logic Controllers (PLC's)

هذا النوع يعتبر أهم تصنيف لمعدات العمليات الصناعية لأن العمليات الداخلية غالباً تكون متحكم فيها بهذه المعدات. تتغير الحساسية لانحدارات الجهد بشدة وبالنسبة للـ PLC تكون ذى حساسية شديدة جداً.

وحدات التشغيل عن بعد للمداخل والمخارج، مثلاً، تفصل عند وصول الجهد إلى ٩٠٪ ولفترة عدد قليل من الدورات.

يوضح شكل (١٤ - ١١) حدود الحساسية لهذه الأنواع عن طريق منحنيات العلاقة بين جهد الانحدارات وفترة حدوثها.

من الأهمية تميز أن العمليات الداخلية فى المصانع تعتمد على حساسية كل معدة أو جهاز على حدة. العمليات المتكاملة بالمصانع تستلزم تحكمات ومديرات وكونتاكتورات للمحركات .... والتى يعتمد عليها تشغيل المصنع. ويكون من الصعوبة تحديد المعدة الحساسة بالمصنع بعد فصل العمليات الداخلية.



شكل (١٤-١١) حدود انحدارات الجهد للأجهزة الحساسة

شكل (١٤ - ١١)

الباب الخامس عشر
الاحتياجات الخاصة لبعض أنواع الصناعات

(١) الاحتياجات الخاصة لصناعة الورق / الخشب المنشور

Lumber / paper - special needs

تستخدم المحركات الكبيرة فى صناعة الورق وصناعة الخشب المنشور.

يجب أن تتعامل هذه المحركات مع الأشجار الثقيلة، وسيور نقل الحركة، وسنون المنشار، وضخ آلاف من الجالونات فى الدقيقة بعد خلط عجينة الورق «لب» (pulp) والتى ينتج عنها أميال من الورق الملفوف على بكر.

حديثاً، أصبح التحكم فى العمليات يتم بالحاسبات الآلية. فى هذه الحالة، يصبح استقرار الجهد مهم جداً، وغالباً، يصعب ذلك.

إذا حدث للحاسبات الآلية ظاهرة الانفجار [١] (glitch) فإن العملية بالكامل يمكن أن تتوقف، بتكلفة عدة آلاف من الدولارات.

عند استبدال المحركات التقليدية (standard motors) بالمحركات ذات السرعات المتغيرة (variable speed drives) عندئذ يرتفع كل من مستوى الجهد والتشوه بالتوافقيات.. هذا يؤدى إلى حدوث اهتزاز زائد للمحرك وجهود على عمود المحرك وانهيار وانخفاض العمر الافتراضى للمحركات . تؤدى التوافقيات إلى سخونة زائدة للمحولات والموصلات.

إذا ظهرت هذه العلامات، فيجب دراسة وقياس التوافقيات وتحديد العلاج.

---

(١) انفجار أو اندفاع ضجيج : تكون هذه الضجة مصدر إزعاج يتسبب بوقوع أنواع مختلفة من العطل.

(٢) الاحتياجات الخاصة - لصناعة الدوائر الالكترونية

Electronic / Cirruit Board - Special Needs

تحتاج صناعة الدوائر الالكترونية إلى احتياجات خاصة نستعرضها فيما يلى:

أ – تفريغ الشحنة الكهروستاتيكية والذى يرمز لها بالرموز electrostatic discharge (ESD). يعتبر تفريغ الشحنة الكهروستاتيكية أحد أسباب حدوث الجهود العابرة (transient) ، حتى لو كانت قيمة الطاقة الاستاتيكية صغيرة جداً، عند تفريغ هذه الشحنة خلال شريحة دائرة متكاملة (integrated circuit chip) أو خلال لوحة تحكم [١] (pc board) سيحدث انهيار أو عطل (damage or failure). تكون هذه الكميات صغيرة جداً بحيث لايمكن تسجيلها أو اكتشافها بمعدات وأجهزة مراقبة جودة التغذية الكهربائية. يحتاج الأشخاص الذين يتعاملون مع هذه المكونات (أو أجهزة الاختبار الخاصة بها) للحماية ضد تفريغ الشحنة الكهروستاتيكية.

ب – عادة توضع مكونات الشرائح الالكترونية على مسافات أو فراغات أو خطوات (paces)، وتحتاج إلى أجهزة معينة للكشف عن هذه المكونات وتحديد مدى صلاحيتها، وعليه فإننا نعتمد على هذه الأجهزة لتحدد ما إذا كانت المكونات تعمل أو لا.. ويجب ألا يكون العول reliability موضع شك.

فى كثير من الأحيان، نتيجة مشاكل التغذية الكهربائية، فإن نتائج أجهزة الاختبار تكون خاطئة. يمكن أن يحدث للوحات التحكم (pc) نبذ (discorded) أو أن يعاد تشغيلها (reworked) لأنه لم يعتنى أو يؤخذ فى الاعتبار التأكد من مناعة أجهزة القياس ضد اضطرابات التغذية الكهربائية.

---

(١) لوحة التحكم (لوحة الوصل) (Panel control) : لوحة متحركة يمكن وصلها للتحكم بتشغيل المعدات.

(٣) الاحتياجات الخاصة - للعمليات الغذائية

Food Processing - Special needs

أصبحت صناعة العمليات الغذائية تعتمد أساساً على الحاسبات الآلية.

يتحكم الحاسب فى كثير من العمليات من البداية وحتى النهاية. حالياً أصبح كثير من هذه العمليات تتم فى بيئة قاسية. فمثلاً يجب أن تكون الخزانات معقمة.

خلال العمليات الكيميائية أو الحرارية. ويمكن أن تحتاج تجهيزات الأغذية إلى درجة حرارة التحميص العالية أو درجة حرارة التجفيف - والتبريد المنخفضة وعليه فإن الحاسبات تراقب وتتحكم فى هذه العمليات. فى كثير من الأحيان، فإن هذه الحاسبات تتصل مع نظم حاسبات أخرى ومتعددة بغرض جدولة عملية الإنتاج (production scheduling) ، والتحكم فى القوائم inventory control وما شابه ذلك...

من الضرورى إجراء صيانة وقائية منتظمة للكشف على شبكة توزيع الكهرباء، والتأكد من أن التوصيلات الكهربائية مناسبة، وخاصة الأراضى، ومستوى التوافقيات، والكشف بالأشعة فوق الحمراء (infrared scanning) على أماكن التربيطات الكهربائية الحرارية (والتى يمكن أن تسبب مشاكل) . كل ذلك يمكن أن يجنب ويتفادى التكلفة العالية الناتجة من الانقطاع إذا انهار النظام نتيجة التعرض لاضطرابات التغذية الكهربائية.

(٤) الاحتياجات الخاصة - للمستشفيات الكبيرة

Major Hospitals - Special Needs

تحتوى المستشفيات على أنواع كثيرة ومتعددة من الأجهزة الالكترونية الحساسة بالإضافة إلى الأجهزة العادية مثل المحركات واللمبات ...، تتنقل، عادة، الأحمال الحساسة من حجرة إلى أخرى تبعاً لحالة الاستخدام، يجب وجود مصادر تغذية كهربائية مختلفة بالمستشفيات كالآتى:

أ – مصدر جهد معزول (isolated)، أو نظيف (clean)، لتشغيل الحاسبات، وبحجرات المرضى وحجرات التشغيل.

ب – مصدر تغذية احتياطية، وحدة UPS ، أو مولد ديزل لتغذية عدد كبير من الأحمال الخاصة والحرجة والحساسة.

يجب على المستشفيات اختبار التغذية الاحتياطية مرة كل شهر. خلال هذا الاختبار، يتم فصل التغذية الكهربائية الأساسية لحظياً ومراقبة مصدر التغذية خلال الاختبار.

جـ – مصدر جهد تقليدى لتغذية نظم الإضاءة والمحركات التقليدية.

يجب الاعتناء والكشف على مواضع الأراضى.

(٥) احتياجات خاصة - لمراكز البيانات

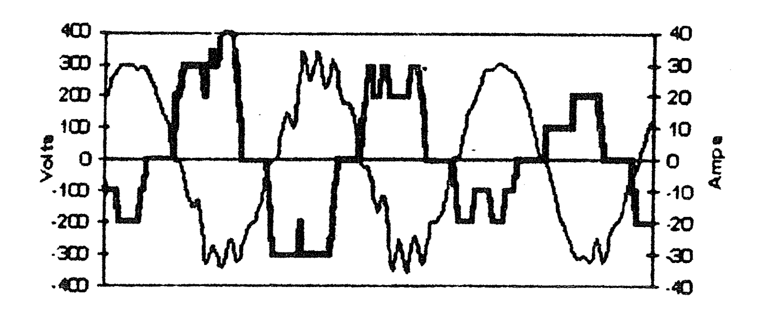
Data Centers - Special Needs

تحتاج مراكز البيانات الكبيرة لاحتياجات خاصة متعددة، وذلك لاحتوائها على بيئة الكترونية حساسة.

يجب الاعتناء بجميع أنواع اضطرابات جودة التغذية الكهربائية. ويجب العمل على منع الاضطرابات الكهربائية، وأن تكون قيمة الأرضى مقبولة، ويكون المجال الكهرومغناطيسى محدداً وبقيمة مناسبة.

كذلك يجب التركيز على معدات ونظم الحماية الخاصة بمراكز البيانات ودوائر الاتصالات ونقل البيانات. نظم الحماية تتكون من محول عزل وحدة UPS ومانعة صواعق ومرشح و ....

يوضح جدول (١٥ – ١) بعض الصناعات والعمليات الصناعية سريعة التأثير عند التعرض لانحدارات الجهد.



جدول (١٥ - ١) بعض الصناعات والعمليات الصناعية سريعة التأثير عند حدوث انحدارات الجهد

نوع النشاط	المشكلة
مصانع الورق Paper mills	- سرعة الورق حوالى ٢٠٠ متر / الثانية، يحدث كسر فى نسيج الورق ويحتاج المصنع لإعادة بدء التشغيل
مصانع النسيج Textile mills	- خلل كبير فى خط الإنتاج وفقد فى المنتج
مصانع الصلب Steel mills	- ينتزع السرعة العالية، تشكيل القضبان والأسلاك يغلف السلك حول البكر
طباعة الجرائد Newspaper printing	- فقد الورق، ضياع فرصة إعادة البيع
البتروكيماويات Petrochemicals	- ضياع العملية، وتلوث العمليات، تطهير أو تنظيف بالبخار
الكيماويات Chmicals	- ضياع العمليات، النتيجة وجود هالك، والاحتياج لإعادة بدء التشغيل
نسيج رقيق Wafer fabrication	- ضياع العمليات، النتيجة وجود هالك، والاحتياج لإعادة بدء التشغيل وإعادة الضبط
اختبار أشباه الموصلات Semiconductor testing	- فقد العديد من الشرائح والاحتياج إلى إعادة بدء التشغيل وإعادة الضبط

ملحق (١)

أسئلة وإجاباتها عن

جودة التغذية الكهربائية

١ - ما مسببات مشاكل التغذية الكهربائية ؟

* ٣٥٪ فقط من المشاكل تأتى من خارج المكتب أو المصنع أو .... بواسطة حوادث مثل الصواعق (Lightning) ، تشغيل شبكة التغذية (Utlity grid switching) ، وجود ثغرات أو فتحات بالخط (Line slapping)، خطأ فى التوصيلات الكهربائية (mis - wiring) ...

* تحدث ٦٥٪ من الموجات الكهربائية العارمة (surges) أو الجهود العابرة (transients) من داخل المنشأة أو المصنع أو مكان العمل. وهى عموماً تحدث من تشغيل المحركات وأيضاً من تشغيل (فصل / توصيل) المعدات والأجهزة الكهربائية المختلفة.

٢ - ما الذى يحدث الموجات العارمة ؟

* أكثر من ٨٠٪ من مشاكل التغذية مرتبطة بالحالة المحلية المحيطة، تحدث الموجات العارمة من تشغيل المكيفات، المصاعد، ماكينات البيع (vending machines) آلات الطباعة (Copiers) ، الحاسبات الآلية الكبيرة، أيضاً يؤدى تشغيل الإضاءة (فصل / توصيل) إلى اندفاعات (rushes) فى القدرة الكهربائية والتى تستعاد فى صورة جهود عابرة على خط القدرة.

٣ – ما أنواع المعدات التى تتأثر بالجهود العابرة؟

* أى جهاز الكترونى يحتوى على ميكروبروسيسور يكون حساس وسريع التأثير للانهيارات الناتجة من الجهود العابرة. من أمثلة الأجهزة الالكترونية : الحاسبات الآلية، أجهزة التسجيل، التليفزيون، الأجهزة المنزلية مثل الغسالات، المجففات، المبردات، غسالة الأطباق، الميكروواف ، ...... الفاكس ، التليفونات، ماكينة الرد على التليفونات.....

٤ – لم نكن سابقاً نقلق على جودة التغذية الكهربائية ...

لماذا هذه المشاكل اليوم؟

* توجد أسباب متعددة لأن تصبح جودة التغذية مهمة:

أ – أصبحت محتويات أو مكونات الشرائح (chips) الالكترونية مكتظة بالعناصر مقارنة بمثيلاتها المنتجة منذ عدة سنوات قليلة وبالتالى أصبحت أكثر حساسية للموجات العارمة الطفيفة.

ب – زادت السرعات (clock speeds) أو ترددات التشغيل (operating frequencies) ووصلت إلى مدى التردد لموجات الجهود العالية العابرة. العمليات البطيئة تهمل ذلك، ولكن العمليات ذات السرعات العالية يمكن أن تترجم الموجات العابرة كأوامر متتابعة (command sequence) .

جـ – الآن أغلب المكاتب والمنشآت والمنازل تستخدم أنواع متعددة من الأجهزة (والتى تعتمد على الكهرباء) أكثر من ذى قبل. يمكن أن يصاحب وقت تشغيل كل جهاز جهود عابرة.

د – أصبح استخدام تكنولوجيا الميكروبروسيسور أكثر من ذى قبل.

يستخدم الميكروبروسيسور فى التليفزيون، الستريو، الثلاجات، الغسالات والمجففات، غسالات الأطباق.

٥ – كيف تصبح المشكلة خطيرة؟

* تبعاً للبلاد التى تؤمن (insurers) على كوارث الفقد الكبيرة، فإن أكثر من ٦٣٪ من تعويضات دفع الفقد للأجهزة الالكترونية تكون نتيجة مشاكل الكهرباء.

يمكن للمستهلكين الحماية ضد هذه المشاكل ومنع التكاليف المرتفعة للتصليح فقط باستخدام خامد الموجات العارمة عالى الكفاءة.

٦ – هل توجد أى مناعة أو علاج لهذه المشكلة؟

* لا ، كل منزل أو مكتب به أجهزة كهربائية ستتعرض لكل من الجهود العابرة : الداخلية والخارجية.

ويمكن ألا تظهر هذه الجهود فى جميع الحالات ولكن تأثيرها على المدى الطويل يفسد الأجهزة ويحدث الانهيار.

٧ – هل الملصقات Label تشير لجودة المنتج ؟

* لا ، كثير من الصناع تصف منتجاتها وصفاً خاطئاً.

* نعم، توجد ملصقات خاصة بالجودة.

٨ – كيف تكون الشبكات ذات حساسية؟

* تزيد حساسية الشبكات لمشاكل التغذية الكهربائة نتيجة زيادة ونمو الأنظمة.

أيضاً يتأثر هيكل الشبكة LAN [1] بالمشاكل . تكون الشبكات LAN التى تعمل بنظام الأساسى (backbone) أكثر حساسية من نظام المجموعة الموجهة (clusteroriented) .

٩ – ما أسباب حدوث الانحدارات والموجات العارمة ؟

* أحياناً تحدث الانحدارات (sags) والموجات العارمة (spikes or surges) نتيجة للعوامل الجوية مثل الصواعق، ولكن عادة تحدث هذه الاضطرابات من الشبكة الداخلية (internal sources) . مثلاً كابل التليفزيون يمكن أن يكون مصدر للموجات العارمة . لأن أكثر , surges spikes, sags تحدث من استخدام الكهرباء فى داخل المبنى أو المنشأة، فإنه من الضرورى لك أن تحمى معداتك وأجهزتك.

١٠– أنا منذ سنوات فى هذه المنطقة، ولم تحدث مشاكل لأجهزتى . لماذا الآن يجب أن أحميها إذا لم تتعرض لأية اضطرابات ؟

* نتيجة كثرة الأجهزة الالكترونية الحساسة المستخدمة حالياً، فإن الاضطرابات البسيطة فى القدرة يمكن أن تسبب مشاكل كبيرة . كثير من الأجهزة القديمة لم تكن ذات حساسية للتغير فى القدرة، ولكن اليوم تستخدم الالكترونات الحساسة ذات الشرائح الدقيقة microchips التى تحتاج إلى حماية ضد النبضات spikes والموجات العارمة surges .

بعض المعدات الشائعة تستخدم الشرائح الدقيقة microchips مثل الساعات الالكترونية، التليفزيون – المسجل – التليفونات – ماكينة الرد على التليفون – الكمبيوترات.

---

(١) شبكة موضعية أو شبكة المنطقة المحلية : (Local area network LAN) هى شبكة تضم أجهزة الحاسبات الآلية وأجهزة محيطية وطرفية موصولة ببعضها البعض ضمن حدود جغرافية ضيقة (مبنى أو مبان متقاربة) .

١١ – توجد أنواع متعددة من خامد النبضات / الموجات العارمة / surge)
spike supppressor) ، كيف يمكن اختيارها؟

* يجب أن يمتاز بالمقدرة على الحماية ضد النبضات والموجات العارمة المتكررة أو الكبيرة (repeated or large) . له الضمان لتغطية أية انهيارات تتعرض لها الأجهزة ويعتمد الاختيار على قيمة وأهمية الأجهزة التى تحتاج للحماية.

١٢ – لماذا بعض أنواع الحماية ضد النبضات والموجات العارمة تحتوى على plug-ins؟

* أحياناً يكون كل من خطوط التليفونات والقوى على نفس الأبراج. النتيجة حدوث موجات عارمة كهربائية عند إلتقاء الاستعمالين. بالإضافة إلى، أحياناً يمكن أن تنتج الموجات العارمة الكهربائية حتى إذا لم تحدث مشاركة بين خطوط التليفونات والخطوط على نفس الأقطاب.

وعليه تنتقل الموجات العارمة إلى خطوط التليفونات ويمكن أن تحدث انهيارات للمعدات، تحمى أجهزة الحماية ضد النبضات والموجات العارمة، الموجات الآتية من خلال خطوط التليفونات، خاصة التى بدون كابل، ومثل أجهزة رد التليفونات، وأجهزة الكمبيوتر المحتوية على modem تكون أكثر حساسية.

ملحق (٢)

جذر متوسط المربعات

Root Mean Square (RMS)

ماذا تقول عند التحدث مع مسئول بالمنشأة لفهم مشكلة كهربائية داخل منشآته؟

ببساطة ابدأ بسؤاله عن نوع الأميتر المستخدم لقياس التيار؟

هل هو عداد مقياس جذر متوسط المربعات الحقيقى ؟

(Is this meter a true RMS meter ?)

إذا كانت الإجابة ليست مقياس RMS الحقيقى، عندئذ تكون متأكداً من أن هذا الشخص لن يستطيع حل المشكلة. إن أغلب الفنيين ومقاولى الكهرباء لايعرفون أن هناك مشكلة وأنه يوجد فرق بين استخدام أميترات مقياس RMS الحقيقى وأميترات مقياس القيمة المتوسطة (average).

لماذا يكون استخدام أميترات مقياس القيمة المتوسطة غير مفيد؟

إن هذه الاميترات تقيس فقط وبدقة القيمة المتوسطة عندما يكون تردد الحمل ٥٠ هرتز أو ٦٠ هرتز وله موجة تيار جيبية نقية ولا يستطيع أن يقيس تيارات الأحمال غير الخطية. يكون السبب أن الأحمال غير الخطية تسحب تيار فى حالة الموجة غير الجيبية والتى تنتج تيارات توافقيات لها ترددات أعلى من التردد الأساسى. كل هذه الحالات يجب أن تؤخذ فى الاعتبار عند تصميم العداد. عند استخدام اميتر القيمة المتوسطة لقياس تيار أحمال غير خطية، فإن النتيجة أن القراءة تكون غير دقيقة حيث أن التيار المقاس يكون أقل بحوالى من

٢٥ ٪ إلى ٥٠ ٪ من تيار RMS الحقيقى الفعلى. والنتيجة أن التيار الحقيقى المار فى الدائرة يتعدى مقنن المعدات والكابلات والموصلات ... وبالتالى فإن التيار الحقيقى لايمكن اكتشافه أو قياسه بأميتر القيمة المتوسطة. من أساسيات الكشف عن الاضطرابات الكهربائية للنظم الكهربائية الحديثة، أن تستخدم الاميترات التى تقيس جذر متوسط المربعات RMS الحقيقية ومقنن تيار الذروة اللحظى للدائرة. هذا العداد يجب أن يكون له سعة قياس الخصائص الكهربائية لشكل الموجة عن طريق عينات نقط متعددة على طول شكل الموجة. تصمم عدادات RMS الحقيقى لضبط ذلك، ويكون دقيق لكل من التيار المتردد والبسيط (الجيبى) والمركب (غير جيبى) وأيضاً لموجات التيار المستمر بينما يكون أميتر أو عداد القيمة المتوسطة دقيقاً فقط لموجات التيار المتردد الجيبى البسيط وليس للموجات المركبة الناتجة عن الأحمال غير الخطية. يجب قياس التيارات الكهربائية المسحوبة من الأحمال وخاصة الحساسة باستخدام عداد RMS الحقيقى وعدم استخدام عداد القيمة المتوسطة.

مقارنة بين عدادات القياس:

منذ أكثر من ٣٠ عاماً، انتشر استخدام عدادات RMS الحقيقى ولكن كان سعرها مرتفع.

يوضح جدولى (١) ، (٢) مقارنة بين أنواع القياس لأشكال موجات مختلفة.

جدول (١)

مقارنة بين القياس بمقياس جذر متوسط المربعات
ومقياس القيمة المتوسطة لبعض أشكال الموجات

شكل الموجة / نوع عداد القياس	الاستجابة لموجة جيبية Sine wave	الاستجابة لموجة مربعة Square wave	الاستجابة لموجة دايود أحادى الطور Single phase diode rectifier
أميتر القيمة المتوسطة (Average meter)	صحيح	10% أعلى	40% أقل
أميتر جذر متوسط المربعات الحقيقى (True rms meter)	صحيح	صحيح	صحيح

جدول (٢)

مقارنة بين القياس بطرق مختلفة لأنواع عدادات متعددة

نوع العداد	الدائرة	موجة جيبية Sine wave	موجة مربعة Square wave	موجة مشوهة Distorted wave	موجة معتم الإضاءة Light Dimmer	موجة مثلثة Triangle wave
طريقة قياس القيمة القصوى peak method	$\frac{\text{القيمة القصوى}}{1.414}$	100%	82%	184%	113%	121%
طريقة الاستجابة للقيمة المتوسطة average re-sponding	(متوسط الموجة الجيبية × 1.1)	100%	110%	60%	84%	96%
طريقة جذر متوسط المربعات الحقيقى True RMS	تحويل RMS	100%	100%	100%	100%	100%

تعريفات:

١ - جذر متوسط المربعات الحقيقي (True RMS):

المقدرة على القياس بدقة لقيم تيار وجهد متردد سواء كانت موجة جيبية أو غير جيبية.

(Capability to accurately measure the value of AC voltage and current having a nonsinusoidal waveform as well as sinusoidal waveform).

القيمة المتوسطة للجهد

$$\text{Average value} = V_{av} = \frac{1}{T}\int_{0}^{T} V(t)\, dt$$

جذر متوسط مربعات الجهد =

$$\text{RMS value} = V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_{0}^{T} V(t)\, dt}$$

حيث V (t) = القيمة اللحظية (Instantaneous)

٢ - عامل الذروة (CF) (Crest Factor):

هو النسبة بين القيمة القصوى وجذر متوسط المربعات للموجة، يعتبر عامل الذروة أحد مقاييس تشوه الموجة – للموجة الجيبية النقية يكون هذا العامل مساوياً 1.4 والقيمة الأعلى لهذا العامل تشير إلى احتواء الموجة على تشوهات بالتوافقيات ..

أى أن عامل الذروة يخضع للمعادلة

$$CF = \frac{Peak}{RMS} = \frac{V_p}{V_{rms}}$$

٣ - عامل الشكل (Form Factor):

هو النسبة بين جذر متوسط المربعات والقيمة المتوسطة أى أن :

$$\text{Form Factor} = \frac{\text{rms value}}{\text{av. value}} = \frac{\text{eff. value}}{\text{mean value}}$$

٤ - عامل ذروة التوحيد (Rectifier Peak Factor):

هو النسبة بين القيمة القصوى والقيمة المتوسطة أى أن :

$$\text{Rectifier Peak Factor} = \frac{\text{peak value}}{\text{mean value}}$$

يوضح شكل (١) القيم المختلفة المستخدمة فى هذه التعريفات.

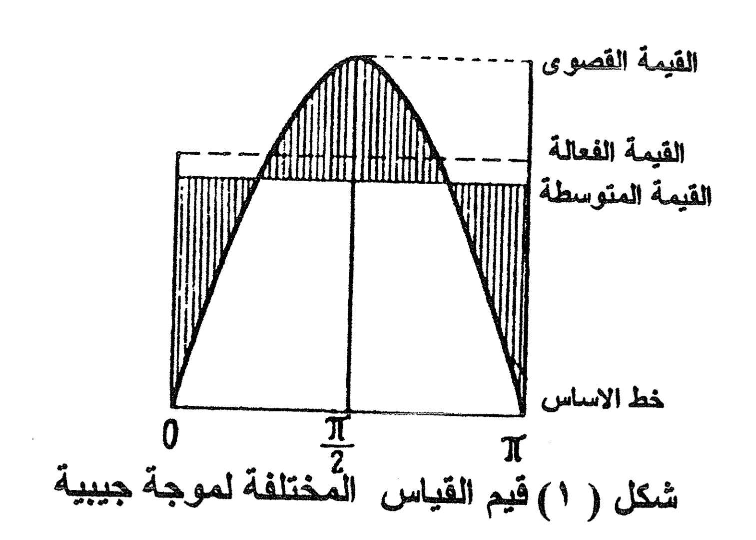
ويبين جدول (٣) نسب الجهد (DC).

مثال (١):

موجة تيار تمثل بالمعادلة :

$$I = 50 \sin 157\,t + 20 \sin 471\,t + 5 \sin 785\,t$$

احسب جذر متوسط مربعات التيار ...



شكل (١) قيم القياس المختلفة لموجة جيبية

	رقم النبضة (P)				
	p=1	p=2	p=3	p=6	p=12
نسبة قيم التيار المستمر					
عامل الشكل	1.57	1.11	1.017	1.0009	1.00005
عامل ذروة التوحيد	3.14	1.57	1.21	1.05	1.01

جدول (٣) نسب الجهد تبعا لرقم النبضة P

الحل :

يحسب جذر متوسط مربعات التيار كالآتى:

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{50^2 + 20^2 + 5^2}{2}} = 38.2 \text{ AMP}$$

مثال (٢):

يوضح الجدول التالى قيم I_{rms} ، I_{peak} لمحول توزيع، احسب عامل تخفيض المقنن.

	A	B	C	Average
I_{rms}	310	346	337	331 Amps
I_{peak}	705	793	729	742 Amps

الحل :

تبعاً للـ CBEMA الأمريكية

Computer and Business Equipment Manufacture Association

فإن عامل تخفيض المقنن (Derating Factor) يحسب تبعاً للمعادلة الآتية:

$$\text{Derating Factor} = \frac{\text{(Irms) av * CF for sinewave}}{\text{(Ipeak) av}} = \frac{331*1.414}{742} = 0.63$$

KVA usable = Manufacturer rating * derating factor

أى أن قدرة المحول القابلة للاستعمال =

قدرة المحول تبعاً للصناعة * عامل تخفيض المقنن

مثال (٣):

تم قياس التيار المسحوب من حاسب شخصى باستخدام أميتر القيمة المتوسطة وأميتر جذر متوسط المربعات وكانت النتائج كالآتى:

I_{av} = 0.55 amps = mean value

I_{rms} = 1 amps (averaging RMS measurement)

I_p = 2.6 amps

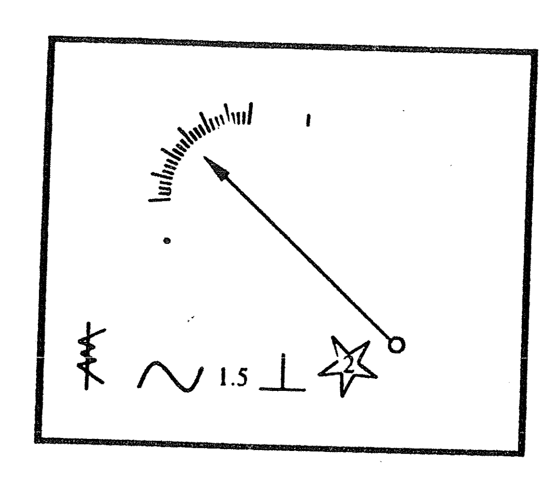
احسب عامل الذروة، وعامل الشكل.

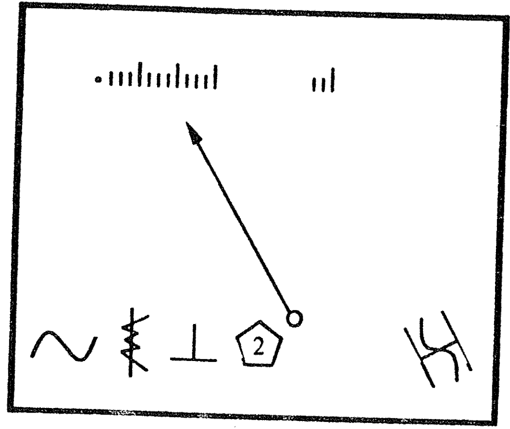
الحل:

Crest or peak factor = 1 p / I_{rms} = 2.6

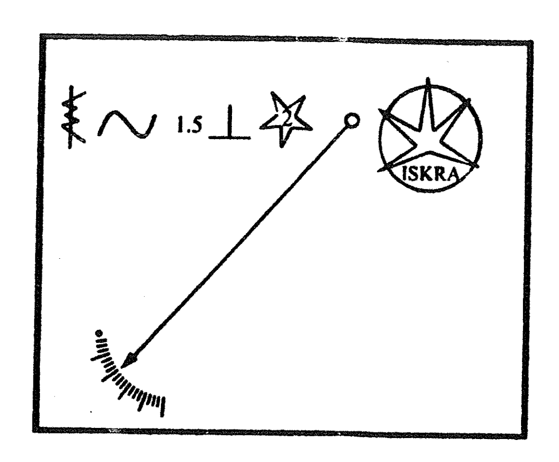
Form Factor = I_{rms} / I_{av} = 1.82

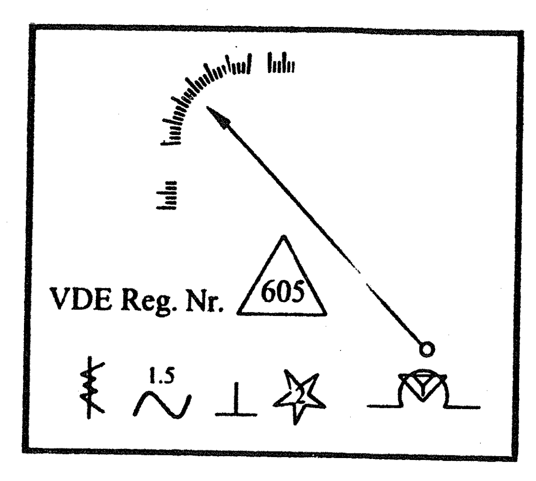
يوضح شكل (٢) أمثلة لنماذج مختلفة من عدادات قياس جذر متوسط مربعات التيار ويمكن فهم وترجمة معانى الرموز المستخدمة باستخدام جدول (٤).





شكل (٢) نماذج مختلفة من عدادات قياس
جذر متوسط مربعات التيار





تابع شكل (٢) نماذج مختلفة من عدادات قياس
جذر متوسط مربعات التيار

جدول (٤) الرموز المستخدمة فى عدادات القياس

Classification of measuring equipment

Class	Error F_z		Class	Error F_z	
0.1	±0.1	Precision instruments	1	±1.0	Industrial measuring instruments
0.2	±0.2		1.5	±1.5	
0.5	±0.5		2.5	±2.5	
			5	±5.0	

F_z is the permissible indicating error in %. It is equal to the difference between indicated value and true value of the measured quantity as a percentage of the highest value of the measuring range.

Symbols for measuring instrument designation

Symbol	Meaning
—	for d.c.
	for d.c. and a.c.
~	for a.c. [1]
	for 3-phase current, with one drive
	for 3-phase current, with two drives
	for 3-phase current, with 3 drives
1,5	Class sign referred to end value of measuring range
	Class sign referred to scale length or recording width
	Class sign referred to true value
	For use in vertical position
	For use in horizontal position
60°	For use in slope position (with angle of inclination indicated)
	Test voltage in kV
	External shunt
	External series resistor
	Magnetic shield (iron shield)
	Electrostatic shield
ast	Astatic indication
	Warning (observe instructions for use)
	Instrument does not conform to the rules with reference to the test voltage
—	Taut-band suspension (stroke below symbols, Siemens own standard)

Symbol	Meaning	
	Moving-coil indication	
	as supplement to (moving-coil symbol)	Rectifier
		Thermal converter
		Insulating thermal converter
	Moving-coil quotient indication	
	Moving-iron indication	
	Moving-iron quotient indication	
	Moving-iron indication	
	Moving-iron quotient indication	
	Electrodynamic indication (without iron)	
	Electrodynamic quotient indication (without iron)	
	Electrodynamic indication (iron-cored)	
	Electrodynamic quotient indication (iron-cored)	
	Induction instrument	
	Induction quotient indication	
	Hot-wire instrument	
	Bimetallic indication	
	Electrostatic indication	
	Vibration indication	
(Sch) e	Flame-proof design. Protection type "increased safety"	
(Ex) e G1	Explosion-proof design. Protection type "increased protection". Ignition group G 1	

Example: 50 1,5 50/5A 1000/100V — Instrument for 3-phase current, 50 Hz with 2 iron-cored electrodynamic drives class 1.5; for use in vertical position; test voltage 2 kV; instrument transformer connection: rated primary current 50 A; rated secondary current 5 A; rated primary voltage 1000 V, rated secondary voltage 100 V.

[1] If no frequency is given then 45 to 65 Hz is the rated frequency range.

Source : Electrical Engineering Handbook Siemens

المراجـــع

1. **IEEE C 57.110 - 1986**

IEEE Recommended Practice for Establishing Transformer Capability when Supplying Nonsinusoidal load Currents.

2. **IEEE C 62.45 - 1992**

IEEE Guide on Surge testing for equipment connected to low - voltage AC power circuits.

3. **IEEE C 62.41 - 1991**

IEEE Recommonded practice on surge voltages in low - voltage AC power circuits.

4. **IEEE 519 - 1992**

IEEE Recommended practices and requirements for Harmonic control in electric power systems.

5. **IEEE 142 - 1991**

IEEE Recommonded practices for grounding of industrial and commercial power systems.

Green Book.

6. **IEEE 141 - 1993**

IEEE Recommended practice for electric - power distribution for industrial plants.

Red Book

7. **IEEE 446 - 1995**

IEEE Recommended practice for emergency and standby power systems for industrial and commercial applications

Orange Book.

8. **IEEE 1100 - 1992**

IEEE Recommended Practice for powering and grounding sensitive electronic equipment.

Emerald Book.

9. **IEC 1000 - 3 - 2 1995 - 03**

Limit for harmonic current emission ≤ 16 A.

10. **IEC 1000 - 4 - 9 1993 - 06**

Pulse magnetic field immunity test Basic EMC Publication.

11. **IEC 1000 - 4 - 7 1991 - 07**

General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation.

12. **IEC 1000 - 4 - 8 1993 - 06**

Power frequency magneticfield immunity test.

13. **IEC 1000 - 2 - 3 1992 - 09**

Description of the environment - Radiated and non - network - frequency - rated conducted phenomena.

14. IEC 1000 - 4 - 11 1994 - 06

Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests.

15. IEC 1000 - 4 - 10 1993 - 06

Damped oscillatory magnetic field immunity test.

16. IEC 1000 - 4 - 1 1992 - 12

Overview of immunity tests.

17. IEC 1000 - 1 - 1 1992 - 04

Application and interpretation of fundamental definition and terms.

18. IEC 1000 - 2 - 4 1994 - 02

Compatibility levels in industrial plants for low - frequency conducted disturbances.

19. IEC 1000 - 3 - 3 1994 - 12

Limitation of voltage fluctuations, and flicker in low - voltage supply systems for equipment with rated current ≤ 16 A.

20. IEC 1000 - 3 - 5 1994 - 12

Limitation of voltage fluctuations and flicker in low - voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A.

21. **IEC 1000 - 3 - 7 1995**

Limitation of voltage fluctuations and flicker for equipments connected to medium and high voltage power supply systems.

22. **IEC 61000 - 4 - 17 1999 - 06**

Testing and measurement techniques - ripple on d.c input power port immunity test.

23. **IEC 61000 - 4 - 24 1997 - 02**

Test methods for protective devices for HEMP conducted disturbance.

24. **IEC 61000 - 4 - 16 1998 - 01**

Testing and measurement techniques - Test for immunity to conducted - common mode disturbances in the frequency range

0 HZ to 150 KHZ

25. **IEC 61000 - 4 - 10 1999 - 02**

Testing and measurement techniques - voltag fluctuation immunity test.

26. **IEC 61642 1997 - 09**

Industrial a.c networks affected by harmonics - Application of filters and shunt capacitors.

27. IEC 827 - 1985

Guide to voltage fluctuation limits for household appliances.

28. IEC 868 - 1988

Flickermeter - Functional and design specifications.

29. IEC 816 - 1984

Guide on methods of measurement of short duration transients on low voltage power and signal lines.

30. IEC - 354 1991 - 09

Loading guide for oil - immersed power transfomers.

الفهـرس

الموضوع — **رقم الصفحة**

الموضوع	رقم الصفحة
– مشاكل المسار المغلق للأرضى	١٤٠
– تأريض شبكات الجهد المنخفض	١٥٥
الباب الرابع	
انحدارات الجهد	١٨٧
– تعريفات	١٨٩
– أمثلة لانحدارات الجهد	١٩٣
– أسباب حدوث انحدارات الجهد	١٩٤
– سلوك الجهد لدى منشأة أثناء حدوث أعطال بالشبكة المغذية	٢٠٨
– حساسية المعدات والأجهزة لانحدارات الجهد	٢١٠
– زمن استمرار انحدار الجهد	٢١١
– المشاكل الناتجة عن انحدارات الجهد	٢١٤
– تأثيرات انحدارات الجهد على بعض المعدات	٢١٧
– تقدير احتمالات مشاكل الانحدارات	٢٢٠
– تقييم أداء نظم النقل	٢٢١
– التوصيات اللازمة للتغلب على مشاكل الانحدارات	٢٢٣
– تقييم حلول مشاكل انحدارات الجهد	٢٢٧
الباب الخامس	
مديرات السرعة	٢٣٥
– خلفية عن سرعة المحركات التأثيرية	٢٣٧
– مديرات السرعة المتغيرة للمحركات DC	٢٣٨
– مديرات السرعة المتغيرة للمحركات AC	٢٤٢
– مشاكل مديرات سرعة المحركات القابلة للضبط	٢٥٢
– مديرات السرعة القابلة للضبط واجتياز الانحدار بنجاح	٢٧٤

الموضوع	رقم الصفحة
الباب السادس	
انتفاخ الجهد	٢٩٧
– مقدمة	٢٩٧
– تعريفات	٢٩٨
– المصادر المسببة لانتفاخ الجهد	٢٩٩
– علامات (مؤشرات) لحدوث انتفاخ الجهد	٣٠٣
الباب السابع	
ارتعاش وتقلب الجهد	٣٠٥
– تعريفات	٣٠٥
– مصادر ارتعاش الجهد	٣١٠
– حدود ارتعاش الجهد غير المرغوب	٣١٦
– اقتراحات لحل مشاكل ارتعاش الجهد	٣١٩
– القيم القياسية العالمية لارتعاش وتقلب الجهد	٣٢٣
الباب الثامن	
الجهود العابرة	٣٣٥
– مقدمة	٣٣٥
– تعريفات	٣٣٨
– أنواع الجهود العابرة	٣٤١
– مصادر الجهود العابرة	٣٤٨
– تأثيرات الجهود العابرة على المعدات الكهربائية	٣٥٦
الباب التاسع	
الانقطاعات	٣٦١
– مقدمة	٣٦١
– تعريفات	٣٦٢
– أنواع الانقطاعات	٣٦٣

الموضوع	رقم الصفحة

للمؤلفة:

1 - المكثفات وتحسين معامل القدرة.

2 - المحولات الكهربائية - الجزء الأول.

3 - المحولات الكهربائية - الجزء الثاني.

4 - الوقاية في الشبكات الكهربائية - الجزء الأول.

5 - التوافقيات في الشبكات الكهربائية.

6 - جودة التغذية الكهربائية.

7 - الإضاءة وتوفير الطاقة.

8 - الوقاية في الشبكات الكهربائية - الجزء الثاني.

9 - إدارة طلب الطاقة - الجزء الأول.

10 - البيئة وغازات الاحتباس الحراري.

11 - إدارة طلب الطاقة - الجزء الثاني.

12 - اضطرابات جودة التغذية الكهربائية.

رقم الإيدع بدار الكتب القومية

٧٩٢٤ / ٢٠٠٢

دار الجامعيين

لطباعة الأوفست والتجليد

٣٧ شارع السلطان عبد العزيز

الأزاريطة - الإسكندرية

ت : ٤٨٦٢٠٠٤